



Universidade de Lisboa
Faculdade de Motricidade Humana



Avaliação da Eficácia de Avisos de Segurança em Diferentes Níveis de Carga Cognitiva num Simulador em Realidade Virtual

Ana Lúcia Menezes de Almeida

Orientadores:

**Prof. Doutor Francisco dos Santos Rebelo
Prof. Doutor Paulo Ignácio Noriega Pinto Machado**

Tese especialmente elaborada para obtenção do grau de Doutor em
Motricidade Humana na especialidade de Ergonomia

2018



Universidade de Lisboa
Faculdade de Motricidade Humana



Avaliação da Eficácia de Avisos de Segurança em Diferentes Níveis de Carga Cognitiva num Simulador em Realidade Virtual

Ana Lúcia Menezes de Almeida

Orientadores:

Prof. Doutor Francisco dos Santos Rebelo
Prof. Doutor Paulo Ignácio Noriega Pinto Machado

Tese especialmente elaborada para obtenção do grau de Doutor em
Motricidade Humana na especialidade de Ergonomia

Júri:

Presidente: Presidente do Conselho Científico da Faculdade de Motricidade
Humana da Universidade de Lisboa
Doutor Francisco José Bessone Ferreira Alves

Vogais: Doutor Francisco dos Santos Rebelo
Doutora Maria Emília Capucho Duarte
Doutor Ernesto Vilar Filgueiras
Doutor José Domingos de Jesus Carvalhais
Doutora Filipa Catarina Vasconcelos da Silva Pinto Marto
Carvalho

2018

*Ao meu pai (in memoriam) e à minha mãe, que tem 96 anos e acha
que eu estou no Rio de Janeiro.*

Agradecimentos

Por mais que existam muitos momentos solitários em um doutoramento, sem o auxílio de tantas pessoas esse trabalho não seria possível. Neste sentido são muitos os que tenho a agradecer.

Agradeço ao Professor Francisco Rebelo por aceitar este desafio de ser meu orientador, pelo seu incentivo, paciência e grande apoio ao longo deste percurso.

Agradeço também ao meu segundo orientador, Professor Paulo Noriega, pelo imprescindível apoio acadêmico e psicológico em todos os momentos desta caminhada.

Meu muito obrigada ao Professor Miguel Melo, principal responsável por minha vinda a Portugal.

Aos professores Teresa Cotrim, Rui Melo, Filipa Carvalho, pelo convívio amigável e em especial aos professores Domingos Carvalhais e Carlos Ferreira, membros da Comissão de Acompanhamento de Tese, pelos comentários e críticas construtivas.

À minha família acadêmica, Luciana, Sarah, Carlota, Juana e seus “respectivos”, pelas conversas, cafezinhos e saidinhas que ajudavam a relaxar. Nunca vou esquecer de vocês!

Aos queridos, Tiago Oliveira (companheiro de recolha de dados), Carlos Fernandes e Tiago Pinto, por gravarem a voz do avatar. Ao Nuno Graça, Daniel Semedo e Mafalda Pereira, pela ajuda no recrutamento de participantes. De forma especial à Daniela Santos, seu apoio e amizade foram muito importantes nos momentos de sufoco.

Aos colegas, Elisângela Vilar, Lara Reis, Luís Teixeira e Tânia Borges pelas dicas e conselhos pertinentes. Sem esquecer Reginaldo e Joice por toda a ajuda no início da minha vida em Lisboa.

Em particular, gostaria de agradecer aos participantes voluntários, pela disponibilidade em colaborar com o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos amigos, Sandra Abreu, pela amizade, conselhos e apoio psicológico; Fabiana Rodrigues, pelo apoio logístico e amizade desde o primeiro dia em Lisboa; Carmen Gálvez, amizade de uma vida inteira, pela preciosa contribuição; Dra. Isabel Soares, que foi fundamental nesta fase da minha vida.

Por fim, agradeço à minha filha, Marina, pela compreensão, amizade, críticas e incentivo. Amo-te! À minha irmã, Cristina, pelo suporte, em todos os sentidos, para que eu pudesse terminar mais essa caminhada. E a todos os amigos e familiares que, de uma forma ou de outra, contribuíram para mais esta etapa da minha vida. Obrigada!

Agradeço ainda à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES / Ministério da Educação do Brasil, pelo financiamento deste estudo, sob o processo de número BEX 0660-13/2.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo principal a avaliação da consonância comportamental com avisos de segurança em diferentes níveis de carga cognitiva. Muitos estudos têm demonstrado, com o paradigma da dupla tarefa, que o incremento da carga cognitiva em uma das tarefas interfere no desempenho de tarefas concorrentes e compromete a capacidade das pessoas em processar informações. O paradigma da dupla tarefa tem sido explorado, sobretudo, em situações dinâmicas de condução de automóveis e de controlo de tráfego aéreo. São ainda poucos os estudos que avaliem a relação da carga cognitiva decorrente de tarefas de trabalho menos dinâmicas com a consonância comportamental com avisos de segurança. Estudar a consonância comportamental com avisos de segurança em situação real é uma questão difícil. A Realidade Virtual (RV) pode ser assumida como a metodologia mais adequada para usar neste contexto, pois supera as limitações metodológicas, financeiras e éticas. Assim, um segundo objetivo deste trabalho foi desenvolver um simulador em RV para avaliar a consonância com avisos de segurança (estáticos e dinâmicos) em diferentes níveis de carga cognitiva (elevada, baixa e neutra), numa situação de trabalho em armazéns. Os resultados obtidos indicam que os avisos estáticos não estimulam o comportamento de consonância, independente do nível da carga cognitiva. Os avisos dinâmicos, por sua vez, provocam a consonância quando o nível de carga cognitiva é baixo ou neutro, mas não conseguem influenciar o comportamento do indivíduo em carga cognitiva elevada. Relativamente ao simulador, a RV mostrou ser eficaz para avaliar a consonância comportamental com avisos de segurança, apresentando resultados idênticos a estudos efetuados em condições laboratoriais. Como conclusão, espera-se que este trabalho venha a contribuir para o design de avisos que levem em consideração o contexto de trabalho, nomeadamente as situações de dupla tarefa que podem aumentar a carga cognitiva.

Palavras-chave: Avisos de segurança, Realidade Virtual, carga cognitiva, dupla tarefa, consonância comportamental.

Abstract

The main objective of this work was to evaluate behavioral compliance with safety warnings for different levels of cognitive workload. Several studies indicate, with the dual task paradigm, that increasing the cognitive workload in one task interferes on the performance of concurrent ones and affects a person's ability to process information. The dual task paradigm has been explored particularly in dynamic situations such as driving automobiles and air traffic control. Very few studies evaluate the relationship between cognitive workload due to less dynamic work tasks with safety warnings compliance behavior. To study the safety warnings compliance behavior in real situations is a difficult endeavor. The methodology most suitable in this context is Virtual Reality (VR), because it surpasses the financial and ethical limits for the methodology. Therefore, the second objective for this work was to develop a VR simulator to evaluate the compliance with safety warnings (static and dynamic) with different levels of cognitive workloads (high, low and neutral), for working in warehouses. The results show that static warnings do not stimulate compliance behavior, regardless of cognitive workload level. Dynamic warnings lead to compliance when the cognitive workload is low or neutral, but cannot influence the person's behavior if the cognitive workload is high. For the simulator, VR was effective to evaluate safety warnings compliance behavior, showing identical results to laboratory studies. Concluding, one hopes this work will contribute to the design of warnings that take in consideration the work conditions, namely the dual tasks situations that could increase the cognitive workload.

Keywords: Safety warnings, Virtual Reality, cognitive workload, dual task, behavioral compliance.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice	ix
Índice de figuras	xiii
Índice de tabelas	xv
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1. Problema.....	3
1.2. Objetivos.....	7
1.2.1. Objetivo Geral.....	8
1.2.2. Objetivos Específicos.....	8
1.3. Estrutura do documento.....	8
Capítulo 2 - Revisão da Literatura	11
2.1. Avisos	13
2.1.1. <i>Communication-Human Information Process Model</i> (C-HIP)	14
2.1.2. <i>Attention, Knowledge, Compliance Model</i> (AKC)	16
2.1.3. Avisos de base tecnológica	18
2.2. Carga Cognitiva.....	18
2.2.1. Carga cognitiva e detecção de estímulos	23
2.2.2. Carga cognitiva e avisos de segurança	25
2.3. Realidade Virtual	27
2.3.1. Dispositivos e Componentes da RV	29
2.3.2. RV como ferramenta para avaliação de avisos	29
2.3.3. Problemas da RV.....	31
Capítulo 3 - Desenvolvimento do Simulador	35
3.1. Design Centrado no Utilizador	37
3.2. Requisitos para o simulador	38
3.2.1. Requisitos do ambiente virtual.....	38
3.2.2. Requisitos dos avisos de segurança	39
3.2.3. Requisitos da narrativa	39
3.2.4. Requisitos do software e hardware	40
3.3. Desenvolvimento do primeiro protótipo.....	40
3.3.1. Modelação do ambiente 3D	40

3.3.2. Desenvolvimento da narrativa	42
3.3.3. Estudo piloto.....	42
3.4. Desenvolvimento do segundo protótipo.....	47
3.4.1. Modelação do ambiente 3D.....	47
3.4.2. Desenvolvimento da narrativa	48
3.4.3. Pré-teste para avaliação da narrativa I	49
3.4.4. Pré-teste para avaliação da narrativa II	50
3.5. Desenvolvimento do terceiro protótipo.....	51
3.5.1. Modelação do ambiente 3D.....	51
3.5.2. Desenvolvimento da narrativa	54
3.5.3. Avaliação do terceiro protótipo	56
3.6. Desenvolvimento do quarto protótipo.....	64
3.6.1. Modelação do ambiente 3D.....	65
3.6.2. Avaliação do quarto protótipo	65
3.7. Desenvolvimento do quinto protótipo.....	72
3.7.1. Modelação do ambiente 3D.....	72
3.7.2. Desenvolvimento da narrativa	74
3.7.3. Avaliação do quinto protótipo	76
3.8. Desenvolvimento do sexto protótipo.....	81
3.8.1. Modelação do ambiente 3D.....	81
3.8.2. Desenvolvimento da narrativa	81
3.8.3. Avaliação do sexto protótipo	82
3.9. Desenvolvimento do sétimo protótipo	86
3.9.1. Modelação do ambiente 3D.....	86
3.9.2. Avaliação do sétimo protótipo	87
3.10. Desenvolvimento do oitavo protótipo	91
3.10.1. Modelação do ambiente 3D	92
3.10.2. Desenvolvimento da narrativa	93
3.10.3. Avaliação do oitavo protótipo.....	94
Capítulo 4 - Protótipo Final.....	99
4.1. Desenvolvimento do Protótipo.....	101
4.1.1. Modelação do ambiente 3D.....	101
4.1.2. Desenvolvimento da narrativa	107
4.2. Procedimento geral.....	110
4.2.1. Condições experimentais	111
4.2.2. Variáveis	111

4.2.3. Constituição da amostra	111
4.2.4. Materiais	112
4.2.5. Procedimento	112
Capítulo 5 - Resultados e Discussão	117
5.1. Avaliação do ambiente virtual e narrativa	119
5.2. Consonância comportamental	120
5.3. Tempo de simulação	122
Capítulo 6 - Estudo complementar	125
Capítulo 7 - Conclusões e Recomendações	133
7.1. Conclusões	135
7.2. Recomendações para futuros estudos	137
Referências	139
Anexos e Apêndices	151
Anexo I - <i>Simulator Sickness Questionnaire</i>	153
Apêndice I – Termo de Consentimento	154
Apêndice II – Teste de compreensão da narrativa 1	156
Apêndice III – Teste de compreensão da narrativa 2	157
Apêndice IV – Questionário de presença	158
Apêndice V - Questionário de usabilidade	163
Apêndice VI - Questionário de Percepção de Perigo e Avaliação dos Avisos de Segurança	164
Apêndice VII - Narrativa	168

Índice de figuras

Figura 1: Diagrama esquemático do desenvolvimento da pesquisa.....	10
Figura 2: Componentes de um aviso: a) painel com palavra de alerta; b) painel com símbolo de segurança ISO; c) painel das mensagens adicionais	13
Figura 3: Modelo C-HIP adaptado de Wogalter (Wogalter, 2006a)	14
Figura 4: Recursos envolvidos na realização de uma tarefa.....	19
Figura 5: Vista superior do primeiro protótipo virtual do armazém	40
Figura 6: Perspectiva do first person no interior do armazém.....	41
Figura 7: Layout do primeiro protótipo.....	41
Figura 8: Ponto de vista do first person no início da simulação.....	43
Figura 9: Tarefa em que o participante deveria contar as caixas que estavam na prateleira B21	44
Figura 10: Aviso de segurança no corredor G.....	44
Figura 11: Ponto de vista do first person no interior do 2º protótipo	47
Figura 12: Layout do 2º protótipo	48
Figura 13: Planta baixa do 3º protótipo.....	52
Figura 14: Ponto de vista do first person do Armazém 2 do 3º protótipo	52
Figura 15: Planta baixa do 1º ambiente de treino.....	53
Figura 16: Dimensões dos cartazes inseridos no ambiente de treino	54
Figura 17: Avisos utilizados no ambiente virtual e suas dimensões	57
Figura 18: Boxplot do Questionário de Presença do 3º protótipo.....	60
Figura 19: Boxplot do Questionário de Usabilidade do 3º protótipo	61
Figura 20: Gráfico referente à percepção da existência de situações de perigo e de avisos de segurança nos armazéns 2 e 4. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 0 e o máximo, 8	62
Figura 21: Boxplot do Simulator Sickness Questionnaire do 3º protótipo.....	63
Figura 22: Armazém 2 sem as caixas caídas no chão que evidenciavam a existência de perigo no ambiente	66
Figura 23: Comparação do nível de presença entre protótipos 3 e 4.....	68
Figura 24: Boxplot do Questionário de Usabilidade do 4º protótipo	69
Figura 25: Percepção da existência de perigo e de avisos nos protótipos 3 e 4. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 0 e o máximo era 8	69
Figura 26: Comparação do resultado dos sintomas da Cybersickness nos dois estudos.....	71
Figura 27: Vista superior da estrutura final do armazém	73
Figura 28: Avisos adicionados ao 5º protótipo, localizados nos armazém 6 e 8 respectivamente.....	73
Figura 29: Boxplot do Questionário de Presença do 5º protótipo.....	79
Figura 30: Boxplot do Questionário de Usabilidade do 5º protótipo	79
Figura 31: Boxplot do Simulator Sickness Questionnaire do 5º protótipo.....	80
Figura 32: Boxplot do Questionário de Presença do 6º protótipo	84
Figura 33: Boxplot do Questionário de Usabilidade do 6º protótipo	84
Figura 34: Boxplot do Simulator Sickness Questionnaire do 6º protótipo.....	85
Figura 35: Aviso dinâmico inserido no ambiente virtual – armazém 8	87
Figura 36: Gráfico do Simulator Sickness Questionnaire do 7º protótipo	90
Figura 37: Aviso dos protótipos anteriores	93
Figura 38: Aviso com as novas informações.....	93
Figura 39: Identificação dos corredores por letras	93
Figura 40: Comparação dos sintomas antes e depois da sessão experimental	96
Figura 41: Placar inserido no início da sessão de treino	102

Figura 42: Sequência dos placares	102
Figura 43: Feedbacks positivo e negativo	103
Figura 44: Planta de localização dos placares	103
Figura 45: Receção - início da experiência	104
Figura 46: Armazém com situação de risco de queda de objetos	104
Figura 47: Armazém com situação de perigo identificado: piso molhado	104
Figura 48: Armazém com situação de perigo de trânsito de empilhadora	105
Figura 49: Armazém com situação de perigo de substâncias tóxicas.....	105
Figura 50: Armazém com situação neutra.....	105
Figura 51: Avisos baseados nas normas ANSI utilizados neste estudo	106
Figura 52: Especificações do aviso ANSI.....	106
Figura 53: Nível de escolaridade dos participantes	112
Figura 54: Gamepad Giotek	112
Figura 55: HMD Oculus DK2	112
Figura 56: Fones Philips.....	112
Figura 57: Consonância comportamental em carga cognitiva alta, baixa e neutra.....	121
Figura 58: Modelo Yerkes Dodson	122
Figura 59: Boxplot do tempo de simulação nas diferentes condições experimentais	123
Figura 60: Boxplot do escore do Simulator Sickness Questionnaire	129
Figura 61: Pontuações do SSQ para leitores e não leitores do formulário de consentimento	130

Índice de tabelas

Tabela 1: Idade e gênero dos participantes do teste do 3º protótipo	58
Tabela 2: Idade e gênero dos participantes do teste do 4º protótipo	66
Tabela 3: Resultado da consonância comportamental com avisos estáticos do 6º protótipo	83
Tabela 4: Classificação do sentido de presença do 7º protótipo.....	89
Tabela 5: Avaliação da usabilidade do 7º protótipo	89
Tabela 6: Idade e gênero dos participantes do teste do 8º protótipo	95
Tabela 7: Consonância comportamental com avisos dinâmicos do 8º protótipo	96
Tabela 8: Especificação das cores segundo as normas ANSI Z535.1 (2011)	107
Tabela 9: Questões do questionário de presença I	114
Tabela 10: Questões do questionário de presença II	116
Tabela 11: Estatística descritiva (Mediana e desvio padrão) das medidas subjetivas relacionadas à sensação de presença por condição experimental (CCN, CCB, CCA)	119
Tabela 12: Níveis de presença obtidos por variável de controle (foram considerados os valores médios totais)	120
Tabela 13: Resultados do Simulator Sickness Questionnaire	128
Tabela 14: Sintomas SSQ, média e desvio padrão	130

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo apresenta o problema de estudo, os objetivos e a estrutura deste documento.

1.1. Problema

Uma característica fundamental da cognição humana é a capacidade limitada para processar informações, principalmente no que diz respeito à atenção (Strayer e Drews, 2007). Na prática, ter atenção a uma fonte de informação pode interferir no processamento de outras informações, como o exemplo clássico, manter a atenção na condução enquanto se conversa com alguém usando um telemóvel.

Existem muitos estudos que exploram as respostas de um indivíduo à carga cognitiva elevada, em particular, em situações dinâmicas de condução ou de controle. Esta quantidade de estudos pode ser explicada pela gravidade que um erro pode ter nestas situações dinâmicas de condução de automóvel ou de controlo de tráfego aéreo, e pela necessidade de, por exemplo, otimizar os desempenhos através da melhoria das interfaces ou dos tipos de sinais usados.

Curiosamente, ao lado desta proliferação de estudos, nas situações dinâmicas referidas, há uma quase ausência de estudos que avaliem os efeitos da manipulação da carga cognitiva em situações laborais menos dinâmicas e onde, ainda assim, é necessário e útil para a segurança dos trabalhadores, em particular na identificação e respetiva consonância comportamental com avisos de segurança.

Em um dos poucos estudos nesta área, Duffy, Kalsher, e Wogalter (1993), tinham como um dos objetivos de estudo avaliar o efeito da carga cognitiva sobre a consonância comportamental com dois tipos de avisos fixados em cabos elétricos durante a reparação de um equipamento. Uma das tarefas era assistir a um vídeo com instruções e depois responder a dois questionários, como condição de baixa carga cognitiva. Na condição de alta carga cognitiva, além do vídeo e dos questionários, os participantes iriam, primeiro, ouvir uma gravação de uma palestra sobre centros de controlo industrial. Como tarefa adicional era solicitada uma “ajuda” aos participantes para ligarem os equipamentos eletrônicos enquanto o pesquisador buscava o vídeo em outra sala. A situação de dupla tarefa acontecia apenas na condição de alta carga cognitiva onde se pedia ao participante para escutar o áudio ao mesmo tempo em que conectava os cabos elétricos. A consonância com os avisos era confirmada através da observação do comportamento do participante. Contudo, não puderam confirmar a influência da carga cognitiva na consonância com os avisos. Possivelmente porque a elevada carga cognitiva não produzia um aumento no

esforço cognitivo esperado. Também não confirmaram se os participantes executavam as duas tarefas simultaneamente.

Noutro estudo, Wogalter e Usher (1999) examinaram a influência do incremento da carga cognitiva na execução da instalação de uma unidade de disco de computador. Neste estudo, além de avaliarem o desempenho na primeira tarefa, também verificaram se as instruções de segurança inseridas no manual de instalação da unidade de disco eram seguidas. Neste caso específico, a segurança referia-se a evitar possíveis danos materiais. Para manipular a carga cognitiva na tarefa concorrente foram utilizadas operações matemáticas (soma de numerais de um dígito e soma de numerais de dois dígitos). Os participantes deveriam responder em voz alta às operações matemáticas e manter o foco na primeira tarefa, a instalação da unidade de disco. Observou-se que em alta carga cognitiva houve menos consonância com as instruções de segurança e menos precisão nas respostas da adição. Percebeu-se, no entanto, que os participantes com mais experiência na primeira tarefa executaram com maior precisão a tarefa aritmética. Considerou-se que este resultado era consistente com a noção de que a experiência em uma tarefa libera mais recursos para a execução de uma tarefa concorrente.

Em uma situação mais dinâmica, Kelly, Janke, e Shumway-Cook (2010) usaram o paradigma da dupla tarefa para examinar a interação entre uma tarefa cognitiva e o controle da postura e marcha. Neste estudo os participantes tinham que executar uma tarefa de marcha, que podia ser fácil ou difícil, e simultaneamente uma tarefa cognitiva de discriminação de sons. A originalidade deste estudo, é que os participantes também poderiam ser instruídos para focarem a atenção na marcha ou na tarefa de discriminação de sons. Este estudo demonstrou que a alocação intencional da atenção numa das tarefas (marcha ou tarefa cognitiva) permitia melhorar o desempenho nessa tarefa à custa da deterioração da outra. Este estudo permitiu concluir que a alocação da atenção numa tarefa, disponibiliza mais recursos cognitivos para essa tarefa, beneficiando-a, mas acarreta um custo para a outra tarefa.

Stevens, Brennan, Petocz, e Howel (2009) investigaram o efeito da carga cognitiva na velocidade e precisão do reconhecimento de avisos. Os participantes deveriam reconhecer os avisos apresentados num ecrã (aviso visual) e nos auriculares (aviso sonoro), carregar num botão em resposta aos avisos e simultaneamente fazer operações aritméticas apresentadas em um ecrã adjacente. Esta tarefa secundária era apresentada em duas

condições: de baixa exigência (soma de três números de um dígito) e de alta exigência (soma de dois números de dois dígitos). Os participantes faziam a adição mentalmente e diziam o resultado em voz alta. Verificou-se que na condição da tarefa com carga cognitiva de alta exigência, os participantes realizavam mal a tarefa aritmética cognitiva solicitada, possivelmente adivinhando os resultados, deixando mais recursos cognitivos para a primeira tarefa. Neste caso, se duas tarefas são executadas em simultâneo e, ultrapassam os recursos atencionais disponíveis, o desempenho numa tarefa, ou em ambas, se deteriora.

Uma área de conhecimento que tem explorado intensivamente o paradigma da dupla tarefa tem sido a área da segurança no contexto dos transportes. Por exemplo, Chun e colegas (2012) criaram uma tarefa onde os participantes tinham de inserir uma série de dígitos num *touch-screen*, enquanto na outra tarefa seguiam um veículo a uma distância fixa e velocidade constante. O tempo de resposta para acionar o travão quando houvesse uma aproximação do veículo da frente era medido. O objetivo dos autores era avaliar qual o melhor *feedback* para avisar o condutor da aproximação do veículo da frente. Neste caso, usaram-se *feedbacks* visuais, auditivos e hápticos verificou-se que os tempos de acionar o travão eram menores no aviso háptico (vibração no volante).

Também Mohebbi, Gray, Tan, e Lafayette (2009) usando um paradigma de dupla tarefa, verificaram que o aumento da carga cognitiva produzido por conversas complexas aumentava o tempo para acionar o travão. Nesse estudo realizado num simulador de condução, o participante seguia um veículo enquanto mantinha conversas ao telemóvel (simples ou complexas). Neste estudo também se confirmou que os avisos hápticos eram os mais eficazes em manter o desempenho do condutor em ambas as condições de conversas ao telemóvel.

Lee e Spence (2008) criaram uma tarefa de simulador em que os participantes conduziam e evitavam colidir com um automóvel que vinha em sentido contrário, girando o volante para a esquerda ou para a direita, consoante a direção do outro automóvel. A segunda tarefa consistia em fazer uma ligação telefónica ou enviar uma mensagem de texto num ecrã *touch screen* e receber simultaneamente o *feedback* desta tarefa secundária em várias modalidades (visual, háptico, sonoro ou multimodal). O tempo de reação mais baixo, foi obtido na condição de *feedback* multimodal com as três modalidades sensoriais em simultâneo. No caso desta experiência o *feedback* era dado não ao nível da tarefa principal, mas sim da tarefa secundária, o que pode ser interpretado como o facto de que ao melhorar

este *feedback*, se libertam recursos para a tarefa principal da condução melhorando os tempos de reação no evitamento da colisão.

Noutro estudo em simulador de condução, Liu (2001), usando um paradigma de dupla tarefa, também manipulou a carga cognitiva tanto da tarefa principal como da tarefa secundária. A carga cognitiva na tarefa principal era manipulada criando dois níveis de complexidade da estrada modificando os parâmetros da mesma (e.g. raios de curvatura, extensão das retas, limites de velocidade, etc) e na tarefa secundária fornecendo instruções de navegação mais simples ou mais complexas. Avaliavam-se os parâmetros de desempenho da condução e também a sinalização de veículos e situações perigosas na estrada. No caso deste estudo, além do efeito da carga cognitiva, os autores também pretendiam avaliar os efeitos das modalidades sensoriais a serem usadas pelo sistema de navegação. Nas situações de baixa carga cognitiva não houve diferenças assinaláveis entre as modalidades sensoriais, mas na situação de alta carga cognitiva o sistema multimodal permitiu um desempenho melhor dos condutores. Ou seja, numa situação de maior carga cognitiva para o condutor, a interface de sinalização deve ser mais rica para permitir uma leitura correcta da situação e um desempenho seguro.

Ho, Reed, e Spence (2007), avaliaram o efeito de diferentes modalidades sensoriais num sistema que sinalizava a aproximação de um veículo que seguia em frente evitando assim uma provável colisão. Como dupla tarefa e para aumentar a carga cognitiva, criaram uma situação em que além da condução os participantes tinham de ouvir rádio. Contudo não houve qualquer efeito deste aumento de carga cognitiva sobre os tempos de acionar o travão.

No contexto da aviação, Lancaster e Casali (2008), investigaram o desempenho do piloto baseado no tempo de acessar, compreender e executar os comandos do controle de tráfego aéreo. Neste estudo 16 pilotos de avião realizavam quatro rotas diferentes enquanto recebiam informações do controle de tráfego aéreo. Cada rota correspondia a uma modalidade de apresentação de informação diferente (textual, fala digitalizada, fala sintetizada, textual/fala sintetizada). As condições do voo também eram distintas. Na condição de baixa exigência o piloto tinha visibilidade ilimitada e na condição de alta exigência havia a presença de nuvens e a visibilidade era restrita a três milhas. O resultado deste estudo demonstrou que as informações recebidas na modalidade apenas textual

provocou o aumento do tempo de resposta aos comandos e também uma sobrecarga cognitiva comparado às outras modalidades.

No estudo de Helleberg e Wickens (2003), instrutores de voo pilotavam um avião enquanto recebiam instruções do controlo de tráfego aéreo, repetiam estas instruções e executavam o que lhes era pedido, enquanto monitoravam o tráfego aéreo. As instruções eram entregues através de uma voz sintetizada, em formato de texto ou num formato redundante de texto e voz. Diferente do estudo descrito acima, a disposição visual proporcionou um melhor desempenho dos pilotos. Isto se explica pelo fato de que na modalidade de voz sintetizada, os pilotos necessitavam apontar as instruções para repeti-las em seguida, o que demandava mais recursos visuais.

1.2. Objetivos

Normalmente a avaliação do design de avisos de segurança tem em consideração as situações normais onde é solicitado ao participante se o aviso chama a sua atenção, se consegue compreendê-lo e o que faria se o visse no dia a dia. Neste estudo, a nossa preocupação centrou-se na avaliação dos avisos de segurança (estáticos e dinâmicos), através do comportamento dos participantes em diferentes níveis de carga cognitiva: neutra, correspondente a uma tarefa de procura; baixa, correspondente a uma tarefa de procura e perguntas simples (nome, data de nascimento) e alta, com uma tarefa de procura e subtrações aritméticas. Escolheu-se uma situação de trabalho em armazéns por se tratar de um local onde ocorrem muitos acidentes e não encontramos estudos no âmbito dos avisos de segurança associado a manipulação de carga cognitiva.

Sabemos que este tipo de investigação, utilizando situações laborais ou reais, pode envolver riscos e custos elevados (Duarte, Rebelo, e Teixeira, 2009; Wogalter e Laughery, 2006), porque:

- Não se deve expor o participante a riscos reais por questões éticas e de segurança;
- Em um cenário real os eventos perigosos são raros e imprevisíveis;
- Construir um cenário onde exista uma situação de perigo que pareça real, mas ao mesmo tempo seja seguro, requer custo financeiro, tempo e esforço elevados.

Uma solução para essas limitações é o uso da realidade virtual (RV), porque permite a simulação de situações críticas quase reais, sem expor o participante a riscos reais. A criação de um ambiente virtual possibilita a repetição da experiência, quantas vezes forem necessárias e a manipulação das características do ambiente sem tão grandes custos financeiros e de tempo.

Neste contexto, é necessário desenvolver um simulador para realidade virtual, constituído por um ambiente virtual e uma narrativa. Este simulador permitirá controlar uma situação de incremento de carga cognitiva decorrente de dupla tarefa, que seja próximo a uma situação real, contudo sem comprometer a segurança dos participantes.

Assim, apresenta-se a seguir os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

1.2.1. Objetivo Geral

1. Avaliar a eficácia de avisos de segurança em diferentes níveis de carga cognitiva;
2. Desenvolver um simulador, em realidade virtual.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Desenvolver e avaliar um ambiente virtual tridimensional;
2. Desenvolver e avaliar uma narrativa associada ao simulador;
3. Avaliar a consonância comportamental com avisos de segurança dinâmicos, em função de três níveis de carga cognitiva;
4. Investigar o tempo de simulação nas diferentes condições experimentais.

1.3. Estrutura do documento

Esta dissertação está dividida em 7 capítulos. O capítulo 1, *Introdução*, expõe o problema de estudo, os objetivos e a estrutura deste documento. O capítulo 2, *Revisão da Literatura*, apresenta o enquadramento teórico base do desenvolvimento desta pesquisa, nomeadamente carga cognitiva em dupla tarefa, avisos de segurança e RV. O capítulo 3, *Desenvolvimento do Simulador*, descreve o processo de evolução do desenvolvimento dos protótipos (1 a 8) do simulador através da abordagem metodológica do Design Centrado no

Utilizador (DCU). O capítulo 4, *Protótipo Final*, detalha o simulador finalizado para a experiência (protótipo 9). O capítulo 5, *Resultados e Discussão*, apresenta os resultados do estudo do protótipo 9 e sua discussão. O capítulo 6, *Estudo Complementar*, contém um estudo paralelo realizado em decorrência dos resultados dos testes com os protótipos 8 e 9. O capítulo 7, *Conclusões e Recomendações*, apresenta as conclusões gerais e aponta direções para futuros trabalhos. E ainda as *Referências* e os *Apêndices*.

A Figura 1 ilustra um fluxograma com o desenvolvimento deste estudo. O diagrama explica como a pesquisa foi organizada. A primeira fase compreendeu o referencial teórico que foi suporte para a fundamentação dos objetivos. A revisão da literatura sobre avisos de segurança e carga cognitiva foram a base para o objetivo de avaliar a consonância comportamental com avisos de segurança em diferentes níveis de carga cognitiva. A literatura sobre realidade virtual serviu de apoio para o desenvolvimento do simulador. A segunda fase envolveu o desenvolvimento do simulador em RV usando uma abordagem do DCU. As atividades iterativas do DCU abrangeram a avaliação dos vários protótipos desenvolvidos até se alcançar o protótipo final (objetivo 2). O protótipo final (protótipo 9) foi usado para responder ao objetivo 1. O resultado das iterações com os protótipos 8 e 9 deram origem a um estudo complementar.

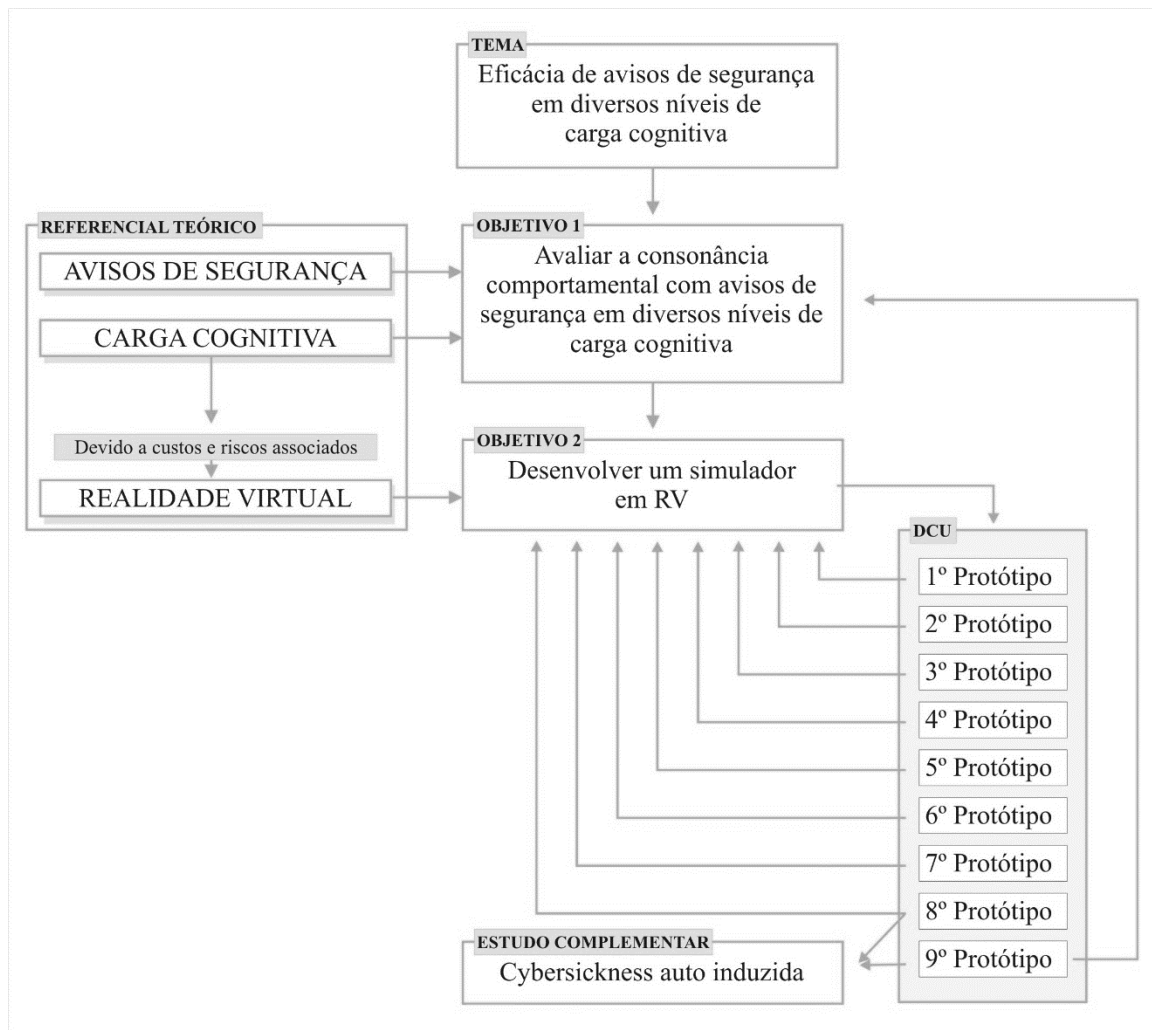


Figura 1: Diagrama esquemático do desenvolvimento da pesquisa

Capítulo 2

Revisão da Literatura

Este capítulo tem como objetivo apresentar o enquadramento teórico específico para o desenvolvimento desta pesquisa, ou seja, informações acerca de carga cognitiva, avisos de segurança e RV.

2.1. Avisos

Sempre que não é possível proteger as pessoas, isolando os perigos ou afastando as pessoas dessas situações, devemos sinalizar a sua presença. Sinalizações de segurança, como os avisos, informam as pessoas sobre os perigos e estimulam um comportamento seguro, para que as consequências de um acidente sejam evitadas.

Existem vários tipos de avisos, que podem ser apresentados principalmente nos formatos visual, sonoro, hápticos ou multimodais. Neste trabalho, o tipo de aviso estudado refere-se à informação de segurança visual cujas características são definidas pelas normas ANSI Z535.2 (American National Standards Institute, 2011). Esta norma estabelece diretrizes sobre as componentes que devem estar presentes num aviso (Figura 2): (i) uma área superior com elementos que vão definir a gravidade do perigo, uma palavra de alerta e o fundo de uma cor; (ii) a área do pictograma, que é o sinal gráfico das normas ISO 3864-1:2011 (International Organization for Standardization, 2011), que identifica a natureza do perigo; (iii) o painel das mensagens com as informações escritas relacionadas com a natureza do perigo, as consequências do não cumprimento do aviso e as instruções para evitar a situação perigosa.



Figura 2: Componentes de um aviso: a) painel com palavra de alerta; b) painel com símbolo de segurança ISO; c) painel das mensagens adicionais

No entanto, nem sempre a conformidade com estas diretrizes garante que um aviso seja eficaz (Ayres, 2006). Esta eficácia refere-se à forma como um aviso leva o utilizador a adotar um comportamento seguro. Ou seja, ainda que um aviso seja bem projetado, a sua eficácia se deve a outros fatores que podem ser explicados através de modelos como o

Communication-Human Information Process (C-HIP), (Wogalter, 2006a) ou o *Attention, Knowledge, Compliance Model* (AKC), (Laughery e Wogalter, 2014).

2.1.1. *Communication-Human Information Process Model* (C-HIP)

Um dos modelos que descrevem os fatores que influenciam a eficácia de um aviso é o modelo C-HIP (Figura 3). Este modelo leva em consideração as componentes de comunicação, tais como a fonte das informações, o canal utilizado para apresentar a comunicação, e as características do recetor. Por sua vez, a componente do recetor está decomposta em estágios: atenção, compreensão, atitudes e crenças, motivação e comportamento. A informação segue um fluxo onde é processada em cada estágio e, tendo êxito, segue para o estágio seguinte. Se ocorrer sucesso em todos os estágios, o processo termina com a mudança no comportamento do utilizador, no caso, a consonância com o aviso. Se por outro lado, algum estágio não obtiver êxito, o fluxo é bloqueado ou há um retorno aos estágios anteriores. Tudo isso pode ser influenciado também pelo contexto ambiental.

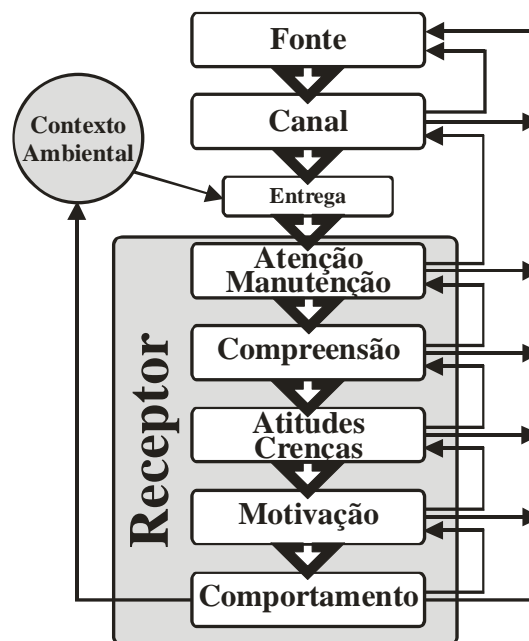


Figura 3: Modelo C-HIP adaptado de Wogalter (Wogalter, 2006a)

Fonte

É o transmissor da mensagem, que pode ser uma pessoa ou organização. A fonte é quem determina se o produto ou ambiente onde há risco de acidente deve ser redesenhado,

salvaguardado ou sinalizado e, neste caso, qual o canal a ser utilizado. Nesta fase, o êxito do aviso depende da credibilidade do transmissor da informação, como o fabricante de um produto ou órgãos governamentais, por exemplo.

Canal

Diz respeito à forma como a mensagem é transmitida da fonte ao recetor. A informação pode ser transmitida através de um ou mais canais sensoriais: visão, audição, tato (vibração), olfato e por vários meios como internet, alarmes, textos, símbolos, placas, pictogramas. É importante que se leve sempre em consideração as características do utilizador e/ou do ambiente. Em ambientes escuros, por exemplo, os avisos apresentados de forma visual não terão êxito, por outro lado, os avisos sonoros serão mais eficazes. Neste estágio é preciso também confirmar a entrega efetiva da mensagem ao público-alvo.

Recetor

O recetor é a pessoa à qual o aviso é direcionado. Para se obter êxito há que se considerar o público-alvo – idade, diferenças culturais e idiomáticas, pessoas com alguma deficiência. Quando a informação consegue ser entregue ao recetor ela é processada ao longo dos estágios seguintes:

Atenção. O aviso deve atrair a atenção do utilizador e conseguir mantê-la na mensagem o tempo suficiente para que ela seja decodificada.

Compreensão. Diz respeito ao entendimento do significado da mensagem.

Crenças e atitudes. Estão relacionadas com o conhecimento e convicções do indivíduo que são aceites como verdadeiros. A perceção do perigo e a familiaridade são fatores que influenciam o sucesso neste estágio.

Motivação. O aviso deve estimular o utilizador a comportar-se de maneira desejada. Se o custo (de tempo, de esforço, de dinheiro) de obedecer a um aviso for maior do que se por em risco, o indivíduo poderá não ter um comportamento consonante. A influência social e o estresse são também fatores que podem levar a um comportamento não consonante.

Comportamento. É o último estágio do processo onde se espera que o indivíduo execute um comportamento seguro que não resulte em ferimentos pessoais ou danos materiais.

2.1.2. *Attention, Knowledge, Compliance Model (AKC)*

O modelo AKC é baseado no modelo C-HIP e abrange os três estágios do recetor: a atenção, a compreensão e o comportamento. Os avisos devem atrair a atenção, permitir a compreensão e promover o comportamento consonante. Os autores do modelo consideram alguns fatores que influenciam o sucesso ou fracasso de um aviso e que são categorizados em fatores relacionados à configuração dos avisos (*design factors*) e às características do público-alvo e do contexto (*non-design factors*).

Grande parte das pesquisas sobre avisos envolvem as características do *design*. Avisos que incluem uma palavra de alerta, como, por exemplo, *DANGER*, são capazes de aumentar a consciência do perigo (Wogalter, Jarrard, e Simpson, 1992). A mesma coisa acontece com a utilização de cores. As cores são usadas com palavras de alerta para atrair a atenção dos utilizadores e para comunicar os perigos associados a um produto ou ambiente. Assim, os avisos apresentados em cores transmitem uma maior noção de perigo além de serem mais legíveis do que os exibidos em preto e branco (Braun, Mine, e Silver, 1995), nomeadamente a cor vermelha que tem uma forte associação à palavra *DANGER* (Chapanis, 1994; Pravossoudovitch, Cury, Young, e Elliot, 2014). A utilização de pictogramas também pode ajudar na comunicação de um perigo (Davies, Haines, Norris, e Wilson, 1998; Jaynes e Boles, 1990; Laughery e Wogalter, 2006), no entanto, nem sempre os utilizadores os compreendem. Salientar as áreas relevantes do pictograma melhora o nível de compreensão (McDougald e Wogalter, 2014). É importante que os pictogramas sejam concebidos de forma a terem uma conexão óbvia e direta com a vida real para uma comunicação eficaz (Chan e Ng, 2012) e que também considerem as diferenças culturais (Siswandari, Kim, e Xiong, 2014). Quanto ao conteúdo, a explicitação da natureza do perigo, das consequências e das instruções para se evitar o perigo são importantes para o cumprimento do aviso, especialmente quando as informações sobre as consequências indicam que o resultado negativo pode ser grave (Laughery e Wogalter, 2006).

As diferenças individuais (*non-design factors*) também devem ser consideradas quando se deseja projetar um aviso eficaz. Weaver, Gerber, Hancock e Ganey (2003) investigaram se as características individuais influenciariam a consonância com avisos. Os participantes foram submetidos a uma tarefa de manipulação de substâncias supostamente químicas. No local do teste os participantes encontravam as substâncias e as instruções para a experiência e os equipamentos de segurança. No início das instruções da tarefa havia um

aviso com a palavra PERIGO (*WARNING*), AVISO (*NOTICE*) ou nenhuma palavra. Aqueles participantes que se consideravam mais ousados, sem medo de se por em risco, precisavam de uma palavra forte como PERIGO para cumprirem o aviso e usarem os equipamentos de segurança. Por outro lado, os participantes que se consideravam muito preocupados com a saúde, mesmo sem a presença de nenhum aviso tinham mais probabilidade de usar os equipamentos de segurança. Para os autores, os indivíduos mais ousados necessitam de um aviso que exprima maior ameaça e induza a um nível de excitação maior, enquanto os preocupados com a saúde são mais prováveis de cumprir com avisos para evitar danos à saúde.

Muitas vezes os avisos também são concebidos sem considerar as mudanças físicas e cognitivas do ser humano. Miopia e presbiopia dificultam os “*older adults*” a perceberem imagens ou lerem textos em avisos, além disso, estes adultos demoram mais tempo na tomada de decisão. Nesta fase também ocorre uma das mudanças mais importantes relacionadas à idade, o declínio da memória (McLaughlin e Mayhorn, 2014).

Da mesma forma, as crianças nem sempre são capazes de interpretar o significado dos avisos, sozinhas. Em vista disso, Waterson e Monk (2014) sugerem um conjunto de diretrizes para a concepção de avisos de segurança específico para crianças.

A experiência pessoal, o estado emocional e a exigência da tarefa são outros “*non-design factors*” que influenciam o indivíduo a cumprir, ou não, um aviso. Quem tem menos experiência com o produto tem maior probabilidade de cumprir com os avisos do que os que têm mais experiência (Wogalter, Barlow, e Murphy, 1995). Para Jiamsanguanwong e Umemuro (2014) os indivíduos, em estado afetivo positivo, percebem mais o perigo em um aviso do que os indivíduos em estado neutro ou negativo. Ainda, a presença de um aviso por si somente não implica que o mesmo vá ser obedecido. Se um indivíduo necessita fazer muito esforço para seguir as instruções de um aviso, a probabilidade deste não cumprir com o aviso é grande (Wogalter, McKenna, e Allison, 1988). Por outro lado, o indivíduo poderá ser influenciado por outro indivíduo que cumpra o aviso (Wogalter, Allison, e McKenna, 1989). Relativamente às características da tarefa, Wogalter e Usher (1999) observaram que a taxa de consonância a um aviso impresso em manuais de instrução de instalação de um equipamento, estava diretamente ligada à carga cognitiva.

2.1.3. Avisos de base tecnológica

A natureza estática dos avisos tradicionais nem sempre consegue captar a atenção do utilizador. Neste sentido, os avisos de base tecnológica podem compensar esta limitação. Wogalter e Conzola (2002) descrevem algumas formas em que a tecnologia pode melhorar a eficácia dos avisos. A tecnologia pode ser usada para adaptar a apresentação dos avisos a determinados grupos ou indivíduos. Estudos demonstram que a taxa de consonância aumenta quando a informação é direcionada ao indivíduo através de um aviso personalizado, com o nome do participante (Duarte, Rebelo, Teles, e Wogalter, 2012; Wogalter, Racicot, Kalsher e Simpson, 1994).

A tecnologia pode ajudar a apresentar um aviso no momento em que ele é necessário através do uso de sensores para detetar a presença de pessoas ou de um perigo (Wogalter, Kalsher, e Racicot, 1993). Além disso, a tecnologia facilita o desenvolvimento de avisos dinâmicos, que em contraste com os avisos estáticos, permitem a flexibilidade de mudanças nas características físicas como também no conteúdo das mensagens exibidas, reduzindo assim os efeitos da habituação. De acordo com Laughery e Wogalter (2006), os sistemas perceptivos e cognitivos das pessoas estão menos sintonizados com estímulos que não mudam. Por exemplo, em situações de emergência os avisos estáticos não são suficientes para direcionar as pessoas a um lugar seguro (Vilar, 2012), por outro lado, quando o aviso é apresentado de forma dinâmica, ele captura a atenção, eleva a taxa de consonância, ajuda e aumenta a velocidade do processo de evacuação (Duarte, Rebelo, Teles e Wogalter, 2014; Langner e Kray, 2014).

Não há dúvida de que muitos fatores influenciam a eficácia de uma informação de segurança, e que a ocorrência do comportamento seguro é a principal medida de que um aviso funciona. Sendo assim, medir o comportamento é fundamental para determinar se um aviso contribui para a segurança e altera a atitude do utilizador (Adams, 2006).

2.2. Carga Cognitiva

A carga de trabalho é um indicador do nível de esforço mental e / ou físico total necessário para realizar uma ou mais tarefas num nível de desempenho específico (Stramler, 1993). Traduz-se no resultado da interação entre os requisitos de uma tarefa, as circunstâncias em que é realizada e as habilidades, comportamentos e percepções do operador (Hart e

Staveland, 1988). Para Cañas (2011), carga de trabalho é um termo geral usado para descrever a quantidade de recursos aplicados na execução de uma tarefa. Ou seja, a realização de uma tarefa envolve recursos disponíveis e aplicados pelo indivíduo e os recursos requisitados pela tarefa (Figura 4). Assim, quando os recursos disponíveis do indivíduo são iguais aos recursos requeridos, a tarefa é realizada de forma ótima. Quando os recursos disponíveis são maiores do que os recursos requeridos, a tarefa também é realizada de forma ótima e ainda sobram recursos para a realização de outra tarefa em simultâneo. Contudo, quando os recursos disponíveis são menores do que os recursos requeridos o resultado é a não realização da tarefa ou a realização de forma não adequada levando a eventuais erros e também a consequências na saúde física e mental do trabalhador. Logo, o termo carga de trabalho refere-se à parte da capacidade limitada do operador realmente necessária para executar uma tarefa específica (O'Donnell e Eggemeier, 1986).



Figura 4: Recursos envolvidos na realização de uma tarefa

Wisner (1994) divide a carga de trabalho em carga física, psíquica e cognitiva. A carga física relaciona-se com o esforço muscular; a carga psíquica refere-se ao vínculo afetivo entre o trabalhador e seu trabalho, isto é, sentimentos e emoções conscientes e inconscientes entre o trabalhador e a organização do trabalho; e a carga cognitiva é o resultado das exigências cognitivas das tarefas, ou seja, memória, raciocínio, decisões. Para Corrêa (2003), a carga mental abrange os conceitos de carga psíquica e de carga cognitiva. Isto posto, é importante evidenciar que o conceito envolvido nesta dissertação é o da carga cognitiva.

Uma característica da cognição humana é a capacidade limitada de processar informações (Strayer e Drews, 2007). Para Wickens e McCarley (2008), um dos três principais limites para o processamento de informação, juntamente com o armazenamento da memória e a velocidade do tempo de resposta, é a atenção. A atenção encontra-se diretamente relacionada com os diversos recursos que envolvem a realização de uma tarefa. De acordo com Wogalter e Vigilante (2006), a maioria das situações exige que as pessoas dividam suas atenções entre vários estímulos e eventos, porém existe um limite para o quanto

podemos distribuir a atenção. No entanto, a atenção pode ser alocada de forma flexível a depender das exigências da tarefa e dos objetivos do indivíduo. Neste sentido, a atenção pode ser dividida em subcategorias como:

Atenção sustentada. É a habilidade de manter o foco da atenção por períodos prolongados (vigilância) e detetar sinais raros e breves (Finomore et al., 2006). De acordo com Warm, Parasuraman e Matthews (2008), estas tarefas eram vistas como tarefas que exigiam pouca demanda de processamento de informações porém pesquisas evidenciaram que a vigilância requer um trabalho mental difícil e estressante.

Mackworth (1948) criou um teste para avaliar os efeitos da vigilância na detecção de sinais. Os participantes, operadores de radar da Força Aérea Britânica, monitoravam um ponteiro preto que se movia como o ponteiro de segundos de um relógio. Em intervalos irregulares o ponteiro fazia um movimento duplo causando um efeito de um salto para frente. A tarefa, que podia durar 30 minutos, 1 ou 2 horas, era detetar quando este movimento duplo ocorria e pressionar uma tecla. Concluiu que os lapsos na detecção dos sinais se tornavam mais frequentes quando a tarefa estava sendo realizada havia mais de 30 minutos. Ou seja, a probabilidade de perder uma informação ou estímulo aumenta com o prolongamento do tempo da tarefa, pois a dificuldade de manter a atenção também aumenta ao longo do tempo.

Atenção seletiva, concentrada ou focalizada. É a habilidade de selecionar um estímulo particular, ou um conjunto de estímulos, e ignorar as outras fontes de informação (Ballard, 1996; Liu, Doong, Hsu, Huang, Jeng, 2009). É focar a atenção em certos estímulos do ambiente e não em outros, diferenciando os estímulos importantes dos periféricos ou acidentais (VanderBos, 2010 p.107).

Simons e Chabris (1999) demonstraram que muitas vezes não detetamos grandes mudanças em objetos e cenas dentro do nosso campo visual quando concentramos a nossa atenção numa cena específica ou objeto. Na sua experiência os participantes assistiam a um vídeo de duas equipas, cada equipa tinha três jogadores, que passavam uma bola de basquete entre si. Durante essa movimentação uma pessoa vestida de gorila ou uma mulher com uma sombrinha aberta atravessava de um lado para o outro do ecrã, entre os jogadores. A tarefa principal era contar mentalmente o número de passes que os jogadores faziam. Verificaram que aproximadamente 50% dos participantes não perceberam o evento saliente (gorila/mulher com sombrinha), enquanto estavam envolvidos na tarefa de atenção

concentrada de contar os passes dos jogadores. A esta cegueira deu-se o nome cegueira por desatenção (*inattention blindness*).

A atenção concentrada pode ser aplicada a uma tarefa, um determinado canal ou a uma fonte de informação ambiental. Intrínseco a este conceito está a noção de *attention switch*, que é o processo de mover a atenção de uma tarefa, ou fonte de informação, para outra (Wickens e McCarley, 2008).

Atenção dividida. É uma situação em que duas ou mais tarefas são executadas ao mesmo tempo, também conhecida como multitarefa (Eysenck e Keane, 2010 p.153). A atenção dividida pode envolver apenas um dos sentidos, ou pode também abranger dois ou mais sentidos (VanderBos, 2010 p.107).

A atenção dividida ou execução simultânea de tarefas é dependente, segundo Eysenck e Keane (2010), de três fatores. Semelhança da tarefa, dificuldade e experiência.

A regra para um melhor desempenho em execução simultânea de tarefas, relativamente à semelhança é que as duas tarefas não sejam semelhantes entre si. Aparentemente parecendo estranha esta regra, ela compreende-se melhor quando percebemos que a semelhança diz respeito, para cada uma das tarefas que se realizam em simultâneo, a quatro fatores: (1) semelhança de *input*, (2) fase de processamento, (3) códigos de memória, (4) e *output*.

Na semelhança de *input* sensorial, se cada uma das tarefas executadas em simultâneo tiverem que partilhar o mesmo canal de *input* de informação, por exemplo o auditivo, a execução será mais difícil; semelhança de fase de processamento, pois se ambas as tarefas ocuparem a mesma fase de processamento de informação, então estão as duas a concorrer com o mesmo “módulo”, este efeito nefasto da semelhança, confirma-se empiricamente num estudo de Recarte e Nunes, (2000) onde foram testados os efeitos de tarefas secundárias de natureza verbal e de imagem mental sobre outra tarefa de pesquisa visual durante a condução de automóvel. Neste estudo descobriu-se que quando os condutores realizavam a tarefa de imagem mental (e.g. rodar mentalmente objetos), a dimensão do campo visual funcional de fixações oculares, diminuía mais do que para as tarefas verbais, isto porque as tarefas de imagem mental ocupavam a mesma fase de processamento do que pesquisa visual. Refira-se que esta diminuição do campo visual funcional na condição de imagem mental, fez com que os condutores diminuíssem a frequência de fixações oculares

nos espelhos retrovisores e no velocímetro, o que é negativo para a tarefa de condução de automóvel.

Os códigos de memória dizem respeito à dimensão (acústica, verbal ou semântica) que utilizamos na codificação da nossa memória de trabalho para resolvermos problemas, ou na memória de longo termo para evocação. Se tivermos de usar nas duas tarefas uma mesma forma de codificação, então a execução simultânea de tarefas será mais difícil.

Quanto ao *output* este sendo o mesmo, por exemplo uma mão para conduzir numa tarefa de condução automóvel e em simultâneo estar a usar a outra mão para marcar um número no telefone, então sendo os *outputs* da tarefa semelhantes, a execução simultânea das duas tarefas é mais complicada. Evidente que no exemplo referenciado, teríamos uma semelhança de *input* visual (olhar para a estrada e para o telemóvel) e de *output* motor, o que tornaria ainda a semelhança mais drástica para a atenção dividida. Um exemplo mais puro de interferência motora é o estudo clássico de McLeod, (1977), onde se avaliava o desempenho numa tarefa motora de alinhamento e em simultâneo executava uma tarefa secundária de identificação de um tom. A resposta de identificação do tom podia numa condição ser dada carregando num botão (motora) ou noutra condição ser vocal. Quando a resposta era dada vocalmente, a tarefa de alinhamento sofria menos interferência do que se a resposta fosse também motora.

A capacidade de executar duas tarefas em conjunto também depende da sua complexidade. Ou seja, quanto mais difícil for cada uma das tarefas, mais difícil é a sua execução simultânea com a outra. Num estudo clássico de 1976 (Sullivan, 1976), era dada aos participantes uma tarefa de sombreamento (repetir em voz alta uma mensagem que é dada a um dos ouvidos) e simultaneamente tinham outra tarefa que era detetar palavras alvo no outro ouvido (por exemplo carregar num botão sempre que houve no outro ouvido a palavra x). Se a mensagem a sombrear fosse mais complexa o desempenho na deteção das palavras piorava, o que ilustrava o papel negativo do aumento da dificuldade da tarefa na execução simultânea de tarefas.

Outro fator determinante no desempenho de duas tarefas simultâneas é a experiência. A prática facilita a execução de tarefas em simultâneo pois há uma diminuição das exigências da tarefa com o treino. Desta forma a necessidade de recursos da atenção vai diminuindo. Também pode haver uma mudança de estratégia na forma como uma das tarefas é executada o que facilita a sua execução. Spelke, Hirst, e Neisser, (1976) fizeram um estudo

com dois estudantes, Diane e John, que liam histórias curtas e compreendiam e ao mesmo tempo escreviam listas de palavras que lhes eram ditadas. Depois de algumas semanas de prática (cinco horas de treino por semana durante quatro meses), eles conseguiam escrever palavras, descobrir relações entre as palavras ditadas e categorizar com o seu significado, enquanto liam e compreendiam as histórias em velocidade normal. Constataram, assim, que a prática pode produzir uma melhoria dramática na capacidade das pessoas de realizarem duas tarefas juntas.

2.2.1. Carga cognitiva e detecção de estímulos

Alguns estudos têm demonstrado, com o paradigma da dupla tarefa, que a manipulação da carga cognitiva em uma das tarefas interfere no desempenho da tarefa concorrente ou afeta a detecção de estímulos externos.

Perry, Stevens, Wiggins, e Howell (2007) manipularam dois níveis de carga cognitiva usando operações matemáticas. O participante somava três números de um dígito, menores do que cinco (baixa carga cognitiva) ou somava quatro números de um dígito, maiores do que cinco (alta carga cognitiva), paralelamente a uma tarefa de monitorização, que era o reconhecimento de ícones sonoros e visuais e representações abstratas sonoras e visuais. Verificaram que a carga cognitiva elevada prejudicou o tempo de resposta para ambos os estímulos, porém, os erros foram menores para os ícones quando apresentados na modalidade sonora ou multimodal.

Para Recarte e Nunes (2003), a elevada carga mental produz distrações que afetam a capacidade de processamento de estímulos visuais. Estes autores manipularam a carga cognitiva usando um conjunto de diferentes tarefas mentais, comparáveis à atividade cotidiana que podem levar a distração endógena. Estas incluíam uma conversa com um telefone *hands-free* ou interações ao vivo com um passageiro durante a condução. Na realidade, era uma situação de tripla tarefa onde a atenção devia ser dividida entre a condução de um automóvel em situação real, a discriminação de um alvo visual (luzes) dentro do veículo usando botões e também a realização de diversas tarefas mentais. Enquanto conduziam, os participantes podiam realizar diferentes tipos de tarefas mentais. Ouviam uma mensagem com conteúdo abstrato (aprendizagem - abstrato) por 2 minutos e eram alertados para ter em mente a mensagem pois poderiam precisar dessa informação para executar a tarefa seguinte. A tarefa seguinte era onde o participante gerava uma

reprodução livre do que ele tinha ouvido na tarefa anterior (produção - abstrato). Noutra tarefa os participantes ouviam uma descrição que incluía referências espaciais de objetos e seus atributos sensoriais (aprendizagem – concreto), e de seguida os participantes deveriam gerar uma reprodução livre do que ele tinha escutado na tarefa anterior (produção – concreto). Noutras tarefas adicionais os participantes convertiam várias quantidades de euros em pesetas e vice-versa, (ao vivo ou telefone – cálculo mental) ou davam informações detalhadas de onde ele estava e o que estava fazendo em determinado dia e hora (ao vivo ou telefone – memória). Paralelamente a estas tarefas mentais, os participantes detetavam uma luz que aparecia de forma aleatória no seu campo visual e pressionavam um botão (direito ou esquerdo) conforme a frequência temporal (alta ou baixa) em que a luz apagava e acendia. Concluíram que o aumento da carga de trabalho resultante das tarefas mentais produziu uma distração que afetou a capacidade de processar os estímulos visuais, independente do canal gerador das informações.

A interferência derivada de conversas telefónicas pode manifestar-se nos custos do desempenho da condução, como responder a eventos críticos de trânsito e selecionar uma ação apropriada em resposta a eles. Num estudo em simulador de condução, Strayer e Johnston (2001) avaliaram o tempo de reação dos participantes, a um estímulo, enquanto conduziam e falavam ao telemóvel. Neste estudo os participantes seguiam um veículo e mantinham conversas no telemóvel nas condições *handheld* e *hands-free*. À medida que os participantes realizavam a tarefa de condução, luzes verdes ou vermelhas piscavam ocasionalmente no ecrã. Quando estas luzes apareciam os participantes deveriam continuar (luz verde) ou parar (luz vermelha) o mais rápido possível. Constataram que a conversa ao telefone resultou num significativo aumento no tempo de resposta aos sinais como também no aumento da possibilidade de falhar na deteção destes sinais, em ambas as condições (*hands-free* e *handheld*). No estudo seguinte, estes autores fizeram a mesma experiência de condução com a utilização de telemóveis, apenas na condição *handheld*. Nesta experiência o participante repetia a palavra que lhe era dita através do telemóvel ou dizia uma nova palavra que iniciasse com a última letra da palavra dita. Verificaram que o desempenho na condução se deteriorou quando os participantes usaram o telemóvel para executar uma tarefa de geração de palavras, mas não quando realizaram uma tarefa de sombreamento (repetição da palavra). Apesar destes resultados, os autores advertem que em outros estudo há uma clara evidência de que apenas a manipulação de um telemóvel causa significativa interferência em tarefas simultâneas.

2.2.2. Carga cognitiva e avisos de segurança

Um aviso de segurança pode ser facilmente reconhecido e cumprido em condições de uma tarefa simples, mas o que acontece quando existe uma segunda tarefa onde há uma exigência dos recursos cognitivos do indivíduo?

Duffy, Kalsher e Wogalter (1995) avaliaram o efeito da carga cognitiva na consonância comportamental com avisos de segurança. Neste estudo utilizaram quatro conjuntos de cabos de extensão brancos onde foram colocados os avisos de segurança. Na extremidade fêmea (recetáculo) de cada cabo tinha uma tampa removível que era projetada para encaixar no recetáculo do cabo para evitar choque quando o recetor não estava em uso. Os quatro pares de cabos de extensão diferiam apenas em termos de presença, localização e cor do aviso. Na condição de controle não havia o aviso. Na outra condição havia uma etiqueta que estava permanentemente ligada ao cabo de extensão a 5 cm acima do recetáculo feminino. Nas duas condições interativas, o aviso de segurança foi afixado na tampa no recetáculo feminino. Os dois avisos interativos eram idênticos, exceto pela presença ou ausência de cor.

As tarefas que os participantes deveriam executar eram, na condição de baixa carga, assistir a um vídeo de treinamento de trabalho e então completar dois questionários. Para os participantes na condição de carga elevada, as tarefas eram além de assistir ao vídeo de treinamento e completar os dois questionários, ouvir uma parte de uma conferência sobre centros de controle industrial. Os participantes eram conduzidos a uma sala onde havia uma televisão, um gravador e um rebobinador de fita de vídeo e recebiam um formulário de consentimento de pesquisa para preencher. Enquanto o participante completava o formulário, o experimentador deixava a sala por alguns segundos e retornava com um par de cabos de extensão (para todas as condições experimentais) e um pequeno reproduzidor de fita com bateria (somente para a condição de carga aumentada). O experimentador colocava os cabos de extensão em uma cadeira a cerca de 1 m do equipamento de vídeo e o leitor de fita em uma mesa em frente ao participante. Em seguida coletava o formulário de consentimento da pesquisa.

Ao preparar o equipamento, o experimentador dizia que ele havia deixado a fita de vídeo em outra sala e teria que ir buscá-la. Nesse momento explicava as tarefas aos participantes e iniciava a fita de áudio para os participantes na condição de carga elevada. Antes de sair da sala, o experimentador pedia ao participante (independentemente da condição) uma

"ajuda" para conectar a televisão, o gravador de vídeo cassetes e o rebobinador de fita de vídeo. Os participantes na condição de alta carga deveriam realizar esta tarefa enquanto ouviam a fita de áudio. A consonância com o aviso era confirmada se os participantes declarassem ter visto o aviso, lembrassem do seu conteúdo, indicassem a localização correta e tivessem conectado corretamente os equipamentos. Contudo, este estudo não demonstrou a influência da carga cognitiva elevada na consonância comportamental com avisos de segurança. Os autores argumentam que a tarefa para elevar a carga cognitiva não produziu um aumento no esforço cognitivo esperado. Apesar dos participantes relatarem ter ouvido a fita de áudio, não ficou claro se estavam conectando os cabos simultaneamente.

Wogalter e Usher (1999) usaram operações matemáticas para manipular a carga cognitiva dos participantes. A tarefa principal era instalar uma unidade de disco de computador e fazer uma cópia de disco para disco. Simultaneamente diriam em voz alta as respostas aos problemas de matemática (soma de numerais de um dígito e soma de numerais de dois dígitos) que ouviam de um leitor de cassete. Era dito aos participantes que fizessem o melhor possível com os problemas de matemática (a tarefa secundária), mas para se concentrarem principalmente na tarefa de instalação da unidade de disco (a tarefa principal).

As tarefas eram realizadas em uma sala onde havia uma mesa com a caixa contendo o drive e um manual de instalação, e um computador (que estava ligado) em uma mesa adjacente. O experimentador registava se as instruções de instalação do disco fornecidas no manual de instalação eram realizadas corretamente: (a) confirmar se o computador estava desligado (b) ejetar o disco de transporte pressionando um botão na frente da unidade de disco (c) tocar o conector de metal na parte de trás do computador de modo a liberar eletricidade estática antes de ser conectado à unidade. Observou-se que os participantes na condição de alta carga frequentemente não cumpriam com todas as três instruções ou não executavam com maior precisão a tarefa aritmética. Contudo, percebeu-se também que os participantes que tinham experiência na tarefa principal respondiam com mais precisão às tarefas aritméticas. Este resultado foi considerado consistente com a noção de que a experiência em uma tarefa (instalação) libera capacidade e disponibiliza mais recursos para executar outra tarefa (tarefa aritmética) em simultâneo.

2.3. Realidade Virtual

Estudar a consonância comportamental com avisos em situação real é uma questão difícil. Não é fácil controlar as variáveis em um espaço público onde eventos que podem causar lesões são relativamente raros. Devido a estas limitações os pesquisadores realizam estes estudos em laboratórios. No entanto a maioria dos estudos apenas avaliam as intenções comportamentais (Kim e Wogalter, 2015; Wogalter e Dingus, 1999) ou utilizam a pesquisa observacional (Braun, Greeno, e Silver, 1994; Weaver, Gerber, Hancock, e Ganey, 2003; Wogalter, Begley, Scancorelli, e Brelsford, 1997), que podem ser contestados por sua baixa validade ecológica e não poderem ser generalizados ao mundo real. Uma solução econômica e eficaz para esse dilema é o uso da RV, pois permite o desenvolvimento de soluções efetivas e sem grandes custos financeiros. As vantagens da RV vão mais além, pois possibilita a replicação da experiência de forma controlada, permite a manipulação sistemática das características do ambiente, o monitoramento e registo dos comportamentos para avaliação posterior e principalmente não expõe os participantes a riscos reais (Vilar, 2012).

A RV é uma interface de computador avançada que envolve a simulação em tempo real, onde o utilizador pode interagir, visualizar e manipular objetos em um ambiente virtual tridimensional. Ela cria no utilizador a ilusão de estar em um ambiente mesmo não estando presente fisicamente (Gutiérrez, Vexo, e Thalmann, 2008; Rebelo, Duarte, Noriega, e Soares, 2011).

A RV pode ser classificada em imersiva, semi-imersiva ou não imersiva (Gutiérrez et al., 2008). O nível de imersão depende de quanto o utilizador percebe o mundo real à sua volta. Quanto menor a percepção do mundo real, maior a imersão no mundo virtual. Quando o utilizador é transportado para o ambiente virtual através de dispositivos multissensoriais, onde seus movimentos são capturados e há uma reação do ambiente a eles, a RV é classificada como imersiva. O utilizador tem a real sensação de estar dentro do ambiente virtual. Quando o diálogo acontece através de grandes telas de projeção, pode-se classificar como semi-imersiva. Apesar de o utilizador estar mergulhado em um mundo virtual, os ruídos do mundo real podem desviar a sua atenção. Quando a interação é feita através de monitores, a RV é classificada como não imersiva porque mesmo que haja uma grande interação do utilizador com o ambiente virtual, a sensação de estar no mundo real é bem significativa.

De uma forma geral, a RV permite que os utilizadores se relacionem com o espaço tridimensional de forma interativa, onde o computador deteta a entrada do utilizador e modifica o mundo virtual instantaneamente, o que para Burdea e Coiffet (2003) define uma das características-chave da RV: a interação.

Existem várias definições sobre RV, porém, normalmente, todas fazem referência às características-chave: interação, imersão, presença, envolvimento e, para Burdea e Coiffet (2003), a experiência em RV se completa quando estimula a imaginação.

Interação. Refere-se à medida que o utilizador participa na modificação da forma e conteúdo de um ambiente virtual em tempo real (Steuer, 1992). É a capacidade do sistema de detetar a entrada do usuário e responder aos seus comandos em tempo real (Burdea e Coiffet, 2003).

Imersão. Do ponto de vista físico, a imersão depende da configuração da interface entre o usuário o sistema de RV (Gutiérrez et al., 2008). A proporção da imersão está relacionada com os dispositivos que transmitem ao utilizador a sensação de entrada no ambiente virtualizado isolando-o do mundo exterior. Do ponto de vista psicológico, imersão é a extensão em que os sentidos de um indivíduo são isolados do mundo real e estimulados pelo mundo virtual (Witmer e Singer, 1998). A imersão pode levar à presença, ao sentimento de “estar lá” no ambiente virtual (Slater, Usoh, e Steed, 1994), sendo o “senso de presença” um dos mais importantes conceitos para entender a psicologia da experiência na RV (Gutiérrez et al., 2008).

Presença. É a experiência subjetiva de estar em um lugar ou ambiente mesmo que se encontre fisicamente em outro (Sheridan, 1992; Witmer e Singer, 1998) e ter um comportamento de modo correspondente ao do mundo real (Slater, Linakis, Usoh, e Kooper, 1996). Os autores destacam que quanto maior o grau de presença, maior a chance dos participantes se comportarem no ambiente virtual de maneira similar ao seu comportamento no mundo real. Para Gutiérrez e colegas (2008), presença é quando a simulação multimodal é processada pelo cérebro e percebida como um ambiente coerente onde nós podemos executar algumas atividades e interagir. Para estes autores, ela é alcançada quando o utilizador está consciente, de forma intencional ou não, de estar no ambiente virtual. Concluem ainda que a presença pode levar ao envolvimento, mas que é importante distinguir presença de envolvimento. Uma pessoa pode estar presente em um

ambiente, mas não estar envolvido ou estar envolvido mesmo não estando presente fisicamente.

Envolvimento. De acordo com Witmer e Singer (1998), envolvimento é o estado psicológico vivenciado por alguém como consequência de focar a energia e a atenção em um conjunto de estímulos ou atividades e eventos relacionados de forma significativa. Está ligado ao grau de concentração que uma pessoa dedica ao estímulo, atividade ou evento de forma que um fator externo pode ou não afetar o envolvimento. Esse envolvimento pode ser passivo, onde há apenas a exploração do meio ambiente, ou ativo, em que existe uma interação com o ambiente.

Imaginação. Está relacionada ao envolvimento, ou seja, o grau de motivação para o engajamento de uma pessoa com uma determinada atividade. É a capacidade de perceber coisas que na verdade não existe, o que acontece em muitos videojogos.

2.3.1. Dispositivos e Componentes da RV

Para haver a interação entre o homem e a RV torna-se necessário o uso de equipamentos especiais que têm como finalidade contribuir para a experiência do utilizador no ambiente virtual. São dispositivos que podem ser classificados em dispositivos de entrada e de saída de informações (Burdea e Coiffet, 2003).

Dispositivos de entrada. São dispositivos que captam os movimentos e ações do usuário e enviam as informações para o sistema, como rato, bola isométrica, *dataglove*, sensores de entrada biológicos - comando de voz, sinais elétricos musculares.

Dispositivos de Saída. São os elementos de um sistema de RV responsáveis pelo envio de informações ao usuário. Geram estímulos sensoriais para provocar o sentimento de imersão através da exploração dos cinco sentidos. Os sentidos mais explorados são a visão, a audição e o tato que são gerados através dos óculos Rift, sistema de som 3D, dispositivos hápticos.

2.3.2. RV como ferramenta para avaliação de avisos

Com o desenvolvimento da tecnologia o número de pesquisas a utilizarem a RV tem crescido. Para Duarte, Rebelo e Wogalter (2010), a RV está se tornando útil em vários campos, como ciência, design, treinamento e entretenimento. Por exemplo, há diversos

estudos que têm demonstrado a RV como uma ferramenta adequada para investigar a eficácia de vários tipos de avisos.

Tang, Wu e Lin (2009) utilizaram a RV para determinar se, e de que forma, os sinais de emergência ajudam na busca da saída em uma situação crítica. Utilizaram três cenários onde o participante navegava no ambiente virtual em busca de uma saída de emergência. Cada cenário representava uma condição. Um cenário com sinais de emergência numa versão antiga, outro com sinais de emergência numa versão nova e outro, de controle, sem sinais. Observaram que o grupo sem sinais levou muito mais tempo para sair do edifício virtual. Não verificaram diferenças significativas entre os grupos com as versões novas ou antigas dos sinais. Demonstraram, desta forma, a importância da presença de uma sinalização para ajudar em evacuações de emergência.

Glover e Wogalter (1997) avaliaram a consonância comportamental com avisos utilizando uma simulação em um computador. O cenário era uma evacuação de uma mina de carvão subterrânea. Manipularam características dos avisos (com e sem saliência) e compararam o comportamento dos participantes durante uma saída normal para almoço com o comportamento durante uma situação de emergência. Constataram que os avisos com maior saliência (destaque) proporcionavam uma maior consonância comportamental do que os com menor saliência, indiferente se era um aviso direcional (com seta) ou não. Puderam observar também que as mulheres cumpriam mais com os avisos do que os homens. Contudo, não encontraram efeito na pressão temporal durante a saída da mina, argumentaram uma fraca manipulação das condições.

Duarte, Rebelo, Teles e Wogalter (2014) examinaram a influência do tipo de aviso (estático ou dinâmico) na consonância comportamental usando a RV como ferramenta metodológica. Os participantes eram avaliados enquanto desempenhavam várias tarefas de rotina de segurança de final de dia de trabalho e também durante a evacuação de emergência. Confirmaram que a sinalização pode influenciar a consonância comportamental e que os avisos dinâmicos são ainda mais eficazes do que os avisos estáticos. Mais uma vez demonstrou-se a importância da presença da sinalização de emergência, nomeadamente a sinalização com avisos dinâmicos, tanto para informações de segurança quanto para evacuações de emergência.

Vilar, Rebelo e Noriega (2014) usaram a RV para avaliar a eficácia de dois tipos de sinalização ambiental (vertical e horizontal) numa tarefa de busca em uma edificação

desconhecida. Com a sinalização horizontal os participantes percorreram distâncias mais curtas, fizeram menos pausas e tiveram uma velocidade média maior do que os participantes na condição de sinalização vertical ou neutra. Porém não consideraram esta diferença estatisticamente significativa.

2.3.3. Problemas da RV

Como mencionado anteriormente, a RV oferece a possibilidade de superar importantes limitações metodológicas de pesquisa, particularmente questões éticas e de segurança. Permite também a manipulação sistemática das características do ambiente e das variáveis experimentais para obter validade interna. No entanto, uma ameaça ao uso desta tecnologia são os efeitos colaterais indesejáveis que podem ocorrer. Os usuários podem sentir algum desconforto durante ou após uma sessão de RV (Kolasinski, 1995). Estes desconfortos podem ser relacionados com alguns sintomas como tontura, fadiga ocular, náuseas, sudorese, entre outros, que são comumente definidos como *Cybersickness*. Os sintomas da *Cybersickness* são semelhantes aos da *Motion Sickness* e, de acordo com Stanney, Kennedy, e Drexler (1997), eles são mais graves do que o *Simulator Sickness*. Apesar de semelhantes, os três tipos de mal-estar são causados pela exposição a diferentes situações. *Simulator Sickness* acontece em simuladores de aviação, *Cybersickness* está relacionada à imersão em RV e *Motion Sickness* é relativa às situações diárias, como ser um passageiro em um carro, autocarro ou transportes em geral.

Os sintomas do *Simulator Sickness* podem ser divididos em três grupos: Oculomotor, Náusea e Desorientação (Kennedy, Lane, Kevin, e Lilienthal, 1993). No grupo Oculomotor estão os sintomas: mal-estar generalizado, cansaço, dor de cabeça, vista cansada, dificuldade de foco, dificuldade de concentração, visão turva. No grupo Náusea, mal-estar generalizado, aumento de salivação, suor, náusea, dificuldade de concentração, desconforto abdominal e arroto. Desorientação abrange os sintomas: dificuldade em manter o foco, náusea, cabeça pesada, visão turva, tontura de olho aberto ou fechado e vertigem. Nas simulações em ambientes virtuais, os sintomas predominantes são, em primeiro lugar, Desorientação e em último, Oculomotor (Stanney et al., 1997).

As causas da *Cybersickness* não são inteiramente explicadas, mas são suportadas por três teorias principais, (i) a teoria do veneno, (ii) a teoria da instabilidade postural, e (iii) a teoria do conflito sensorial (LaViola, 2000). A primeira sugere que o desconforto sentido

no ambiente virtual é semelhante à ingestão de veneno que causa efeitos fisiológicos envolvendo a coordenação dos sistemas de entrada visual, vestibular e outros sistemas de entrada sensorial. Assim, o corpo se defende como um aviso e tenta remover as substâncias tóxicas do estômago através de vômitos (Treisman, 1977). A segunda afirma que o indivíduo tende a criar ferramentas para manter uma postura estável no mundo virtual. No entanto, devido às limitações de certos ambientes, nem sempre é possível manter uma postura estável e o indivíduo permanece em uma instabilidade postural constante prolongada, o que pode provocar *Cybersickness*. Um exemplo é a *Motion Sickness*, que resulta da instabilidade prolongada no controle da postura, o que está relacionado ao comportamento e não ao estímulo sensorial (Riccio e Stoffregen, 1991). A terceira, a teoria mais aceita, considera que a *Cybersickness* pode ser causada por um conflito entre o sistema visual e o sistema vestibular. Estes conflitos surgem quando o indivíduo espera um tipo de estímulo baseado em sua experiência, mas recebe diferentes informações sensoriais (LaViola, 2000). Por exemplo, o sistema visual recebe informação que sugere movimento, mas o sistema vestibular informa ao indivíduo que ele está parado, ou que seu movimento não está sincronizado com o movimento visual (Balk, Bertola, e Inman, 2013; Sharples, Cobb, Moody, e Wilson, 2008).

Além dessas teorias, vários autores relacionam alguns fatores que aumentam a probabilidade de os usuários desenvolverem sintomas, que são fatores individuais e aqueles associados ao dispositivo e à tarefa.

Dispositivo. Um dos principais fatores associados ao dispositivo é a cintilação. Vários aspectos afetam a percepção de cintilação. A cintilação do *display* induz a fadiga ocular e tem-se mostrado um fator que causa *Cybersickness* (Howarth e Costello, 1997; Kolasinski, 1995; LaViola, 2000). A cintilação está relacionada ao contraste, que por sua vez está relacionado ao nível de luminância. Contraste é a razão entre a luminância mais alta e a mais baixa fornecida pelo display (Pausch, Crea, e Conway, 1992). Taxa de atualização é outro aspecto que influencia a percepção de cintilação. Taxa de atualização é o número de quadros por segundo que um display atualiza seu *buffer* e quando esta taxa de atualização é lenta, promove cintilação (Pausch et al., 1992). Da mesma forma, um campo de visão mais amplo aumenta a probabilidade de percepção de cintilação, uma vez que a visão periférica é mais sensível à cintilação do que a visão central (Boff e Lincoln, 1988; Kolasinski, 1995).

Tarefa. Os indivíduos que têm o controlo em um simulador são menos suscetíveis ao mal-estar, provavelmente porque ele pode antecipar o movimento futuro e eliminar ou reduzir um possível conflito (Kolasinski, 1995). A exposição mais longa a ambientes virtuais também resulta em incidências do mal-estar (McCauley e Sharkey, 1992). Os mesmos autores sugerem que o mal-estar pode também ocorrer se as tarefas no ambiente virtual tiverem altas taxas de aceleração linear e rotacional.

Indivíduo. Incluídos nos fatores individuais estão sexo, idade e experiência com o simulador. As mulheres têm um campo de visão maior do que os homens e um amplo campo de visão aumenta a incidência de *Cybersickness* (Davis, Nesbitt, e Nalivaiko, 2015; Kennedy e Frank, 1983; Kolasinski, 1995; LaViola, 2000). As crianças de 2 a 12 anos são mais propensas a desenvolver os sintomas, mas isto diminui rapidamente até os 21 anos e, após esta idade diminui mais lentamente. Aos 50 anos os sintomas são quase inexistentes (Kolasinski, 1995; Reason e Brand, 1975). Relativamente à experiência com o simulador, quanto maior a experiência, menor a incidência dos sintomas (Kolasinski, 1995). De acordo com esta autora, o indivíduo cria uma tolerância aos estímulos que desencadeiam os sintomas e aprende a se comportar para evitá-los.

Capítulo 3

Desenvolvimento do Simulador

Este capítulo expõe a abordagem metodológica usada nesta pesquisa, mostrando todos os ciclos iterativos – proposta de design, avaliação e reformulação correspondente aos 8 protótipos desenvolvidos antes do protótipo final.

3.1. Design Centrado no Utilizador

A proposta de avaliar a eficácia de avisos de segurança utilizando a RV, como ferramenta de pesquisa, tornou necessário o desenvolvimento de um simulador em Realidade Virtual. Para isto fez-se uso da metodologia do Design Centrado no Utilizador (DCU).

DCU é uma abordagem para o desenvolvimento de produtos e sistemas interativos que visa torná-los fáceis de utilizar, de aprender e de memorizar, diminuindo a taxa de erros e aumentando a satisfação dos utilizadores. Envolve os utilizadores ao longo de todas as fases de desenvolvimento de um produto, tendo em conta as suas, necessidades, motivações e expectativas. Considera também de forma integrada, as necessidades e, em geral, os requisitos das organizações em que este produto é desenvolvido e usado. Esta abordagem melhora a eficácia e a eficiência do produto e sistema em que é usado, melhora o bem-estar humano, a satisfação dos utilizadores, a acessibilidade e a sustentabilidade e neutraliza possíveis efeitos adversos do uso na saúde, segurança e desempenho humanos (International Organization for Standardization, 2010).

De acordo com a norma ISO 9241-210 (International Organization for Standardization, 2010), esta metodologia deve seguir os seguintes princípios:

- O projeto deve ser fundamentado em uma compreensão explícita dos utilizadores, das tarefas e dos ambientes;
- Os utilizadores devem estar envolvidos na conceção e desenvolvimento do projeto;
- O projeto deve ser conduzido e refinado por avaliação centrada no utilizador;
- O processo deve ser iterativo;
- O projeto deve abordar toda a experiência do utilizador;
- A equipa do projeto deve ter competências e habilidades multidisciplinares.

Como uma abordagem da Ergonomia, o DCU possibilita a integração das necessidades de investigação do pesquisador, do bem-estar do utilizador (participantes na experiência) e da organização (Laboratório de Ergonomia – ErgoVR), em particular no que se refere aos equipamentos disponíveis e competência da equipa. Assim, a abordagem DCU foi considerada adequada por envolver, também, o processo iterativo onde em cada etapa

seriam definidos parâmetros para se alcançar um modelo satisfatório para este estudo específico.

3.2. Requisitos para o simulador

Os requisitos para o desenvolvimento do simulador em RV foram obtidos através: da análise bibliográfica sobre as temáticas relacionadas à carga cognitiva, dupla tarefa, desenvolvimento de narrativas e ambientes virtuais e *Cybersickness*; da pesquisa de opções tecnológicas de *software* e *hardware*; e reuniões sistemáticas com os investigadores do Laboratório de Ergonomia – ErgoVR, que tiveram como objetivo discutir as várias possibilidades de desenvolvimento do simulador. Esta equipa multidisciplinar envolveu especialistas em Ergonomia, Design, Psicologia, Informática e Arquitetura, todos com experiência em trabalho experimental em RV. Durante estas reuniões, foi definido o contexto da experiência, o tipo de edifício a ser projetado, as características físicas do espaço e as tarefas a serem realizadas. O consenso a que se chegou foi pelo comprometimento entre a qualidade do cenário na produção das respostas comportamentais naturais e os recursos tecnológicos disponíveis, a fim de garantir as condições necessárias para os objetivos do estudo, cujos requisitos são apresentados a seguir.

3.2.1. Requisitos do ambiente virtual

A ação iria se passar em um armazém, onde o participante deveria executar um conjunto de tarefas que envolveriam a carga cognitiva baixa e elevada, relacionadas com uma atividade de trabalho de pesquisa visual, ao mesmo tempo em que seria confrontado com um conjunto de avisos de segurança, que orientariam a realização de comportamentos seguros em face de perigos existentes.

A escolha deste contexto deve-se ao facto de que transporte e armazenamento é o setor que está no quarto lugar em morte por acidente de trabalho em Portugal, nos anos de 2014 e 2015, em seguida aos setores da construção civil; indústrias transformadoras; agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca; e comércio (ACT, 2017). A escolha de tarefas de pesquisa visual em um armazém ocorreu devido às opções disponíveis de *hardware* do laboratório, onde, na altura, não havia equipamento que tornasse possível a manipulação de objetos no ambiente virtual. Para além de alguns riscos e perigos comuns encontrados

neste tipo de ambiente, como queda de objetos de altura, movimento de veículos, exposição a substâncias perigosas e queda em mesmo nível (Portal Empresarial da Maia, 2006), que seriam situações adequadas às tarefas de pesquisa visual e não haveria a necessidade de manipulação de objetos pelo participante.

3.2.2. Requisitos dos avisos de segurança

Os avisos que seriam desenvolvidos deveriam ser justificados nas situações de risco encontradas num armazém. Os avisos deveriam conter palavras de advertência (PERIGO, AVISO, CUIDADO), para evidenciar o nível do perigo implícito na situação (Hellier, Aldrich, Wright, Daunt, e Edworthy, 2007); pictogramas (Young, Wogalter, Laughery, Magurno, e Lovvoll, 1995; Young, 1991); e informação suplementar, nomeadamente a que diz respeito ao que fazer para se evitar o perigo (Laughery e Wogalter, 2006), dar uma alternativa de comportamento seguro ao participante. Foi escolhida a norma ANSI Z535.2 (American National Standards Institute, 2011) para a elaboração dos avisos, por ser uma norma mais completa do que a norma ISO 3864-1:2011 (International Organization for Standardization, 2011), garantindo desta forma uma melhor compreensão do conteúdo do aviso pelo participante.

3.2.3. Requisitos da narrativa

Uma característica importante para se desenvolver no participante uma boa experiência em RV é através da criação de narrativas (Gorini, Capideville, De Leo, Mantovani, e Riva, 2011), que são histórias, descritas no início da experiência, em que os participantes vivem em primeira pessoa e que são continuadas durante a interação com o ambiente virtual. No contexto deste trabalho, a narrativa deveria abordar que o participante estaria a fazer um teste para um emprego e isto envolveria a execução de algumas tarefas no ambiente, como contagem de estoque. Ao participante seria informado que o empregado responsável por seu teste não poderia estar presente no ambiente e, portanto, as instruções para a realização das tarefas seriam dadas através do sistema de som do armazém, para justificar a ausência de avatares no ambiente virtual.

3.2.4. Requisitos do software e hardware

O programa utilizado para o desenvolvimento do ambiente seria o UNITY3D; para interação com o ambiente virtual seria usado um *Head-mounted display* (HMD) de RV modelo OCULUS RIFT, para permitir a visualização do ambiente tridimensional, e a navegação seria em primeira pessoa (avatar) e realizada através da utilização de um *gamepad* Giotech, modelo VX2.

3.3. Desenvolvimento do primeiro protótipo

Introdução

Tendo como pressuposto os requisitos estabelecidos pela equipa do ErgoVR, acima citados, foi desenvolvido o primeiro armazém virtual e uma narrativa. Na modelação do ambiente virtual foi utilizado o *software* Unity3D 4.3, e o modelo do armazém, as *pallets*, as caixas e uma empilhadora, disponíveis na loja da Unity (Unity Asset Store), que foram adaptados às necessidades do estudo.

3.3.1. Modelação do ambiente 3D

A Figura 5 mostra uma vista superior do primeiro protótipo virtual do armazém, onde se pode observar: uma área exterior denominada de A, que corresponde ao ponto de partida do *first person* do participante; uma área interior, denominada de B, com estantes distribuídas em grupos de oito, separadas entre si por corredores com 4 metros de largura, onde vão decorrer as tarefas que o participante deve executar.

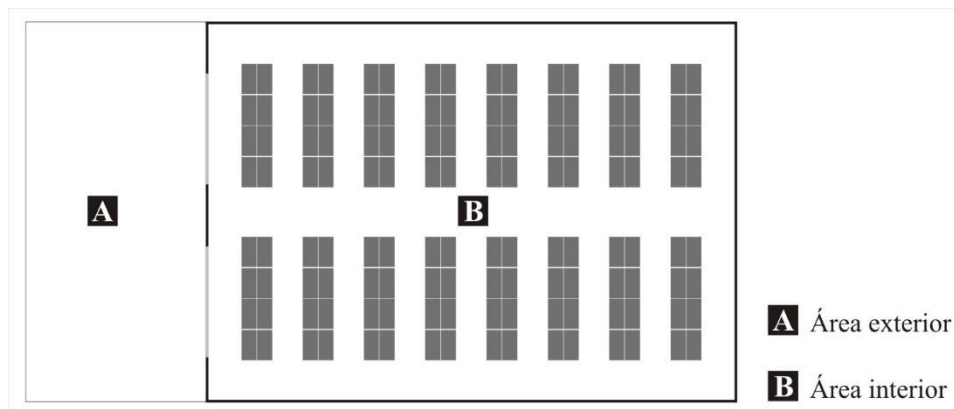


Figura 5: Vista superior do primeiro protótipo virtual do armazém

A Figura 6 ilustra uma perspectiva do *first person* no interior do armazém, onde se pode observar os corredores e as estantes, com prateleiras identificadas por etiquetas com letras e números, no total existiam 640 etiquetas. Em cada estante havia caixas de várias dimensões. A área total do ambiente virtual era de aproximadamente 5.000m², sendo de 3.500m², a área interna do armazém.



Figura 6: Perspectiva do first person no interior do armazém

A Figura 7 mostra a localização de outros elementos no espaço interior. No final do segundo corredor, havia uma empilhadora para impedir que o participante se desviasse do caminho predeterminado pelo investigador. No quarto corredor havia um aviso de segurança que informava a existência de um perigo e que o participante não deveria entrar naquela área, que estava em reposição.

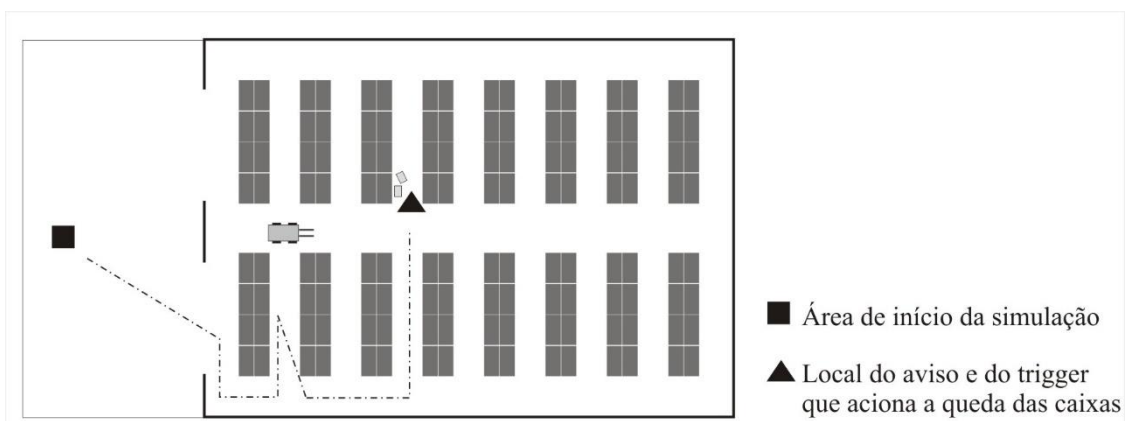


Figura 7: Layout do primeiro protótipo

Foram usados *scripts* do ErgoVR para as seguintes ações:

- Queda de caixas das prateleiras quando o *first person* do participante se cruzava com um aviso de segurança.
- Informações de áudio ao participante, assim que ele se aproximava de um determinado local do armazém.

O controlo de navegação do *first person* era feito pelo participante que se deslocava no ambiente virtual a uma velocidade de 3m/s.

3.3.2. Desenvolvimento da narrativa

A narrativa é a história que é contada ao participante antes dele interagir com o ambiente virtual e tem como objetivo dar um significado à interação que ele terá nesse ambiente. Esta narrativa continua no ambiente virtual com tarefas compatíveis com ela.

Por meio de reuniões com a equipa do ErgoVR, decidiu-se, para este primeiro protótipo, uma narrativa muito simples, relacionada à procura de produtos no armazém. O participante recebia como primeira tarefa ir ao corredor B e contar a quantidade de caixas existentes em determinada prateleira. A segunda tarefa era ir ao corredor G e também contar caixas. No entanto, neste corredor G, o participante seria confrontado com um aviso de segurança que informava que ele não deveria ultrapassar aquele ponto porque aquela área estava em reposição de mercadorias e havia o risco de queda de objetos. Se o participante ignorasse o aviso e continuasse o seu caminho, algumas caixas de papelão começavam a cair.

3.3.3. Estudo piloto

Com este protótipo foi realizado um primeiro estudo piloto (Almeida, Rebelo, Noriega, Vilar, e Borges, 2015). O objetivo deste estudo piloto foi avaliar se o ambiente virtual desenvolvido seria adequado para o estudo de consonância comportamental com avisos de segurança, além de verificar a usabilidade da solução desenvolvida, e observar se os participantes apresentariam sintomas relacionados a *Cybersickness*.

Método

Participantes. Catorze estudantes universitários (5 mulheres e 9 homens) da Universidade da Beira Interior - UBI (mestrado em Design e Desenvolvimento de Jogos) participaram voluntariamente. As idades variavam entre 21 e 38 anos ($M = 27.6$, $DP = 6.1$).

Materiais. As tarefas foram realizadas em um portátil da marca Toshiba Qosmio X70-B, com um processador Intel^RCoreTMi7, 2.40 GHz, cartão de vídeo NVIDIA^R GeForce^R e um ecrã de LCD de 17.3". A interação com o ambiente virtual foi feita através de teclado, HMD, modelo OCULUS RIFT DKII (display em OLED, resolução 960 x 1080 PE e 100⁰ FOV), e fones AKG, modelo K518LE.

Procedimento. Antes de iniciarem a experiência, os participantes recebiam uma breve explicação sobre o estudo e eram convidados a assinarem o Termo de Consentimento (ver Apêndice I), no qual concordavam em participar da experiência de forma voluntária. Eram avisados que poderiam abandonar a experiência em qualquer momento.

Na sessão experimental, os participantes colocavam os equipamentos e eram instruídos a seguirem um conjunto de informações relacionadas às tarefas que deveriam executar. Estas instruções eram apresentadas durante a interação virtual, por uma voz masculina previamente gravada, e ativada no momento necessário, pelo pesquisador, através dos *scripts* desenvolvidos no Laboratório de Ergonomia - ErgoVR. A simulação começava fora do armazém, onde o participante podia ver as prateleiras do corredor A, com caixas, através de duas entradas (Figura 8).



Figura 8: Ponto de vista do first person no início da simulação

A primeira instrução pedia ao participante para entrar no corredor B. Quando o participante chegava ao corredor B, a ele/ela era solicitado a contar as caixas que estavam na prateleira B21 (Figura 9). Uma vez que o participante tinha feito esta tarefa, ele/ela era informado para ir para o corredor G e contar as caixas na prateleira G61. Neste momento, o participante era confrontado com um aviso de segurança em seu caminho até a prateleira, que dizia para não ir além daquele ponto específico porque era uma área que estava em substituição de mercadorias e havia um risco de queda de objetos (Figura 10). Se o participante ignorava o aviso e continuava o seu caminho, as caixas de papelão começavam a cair.



Figura 9: Tarefa em que o participante deveria contar as caixas que estavam na prateleira B21



Figura 10: Aviso de segurança no corredor G

No final da experiência, era feita uma entrevista em que se perguntava aos participantes se eles tinham visto o aviso, se eles tinham lido o aviso e se eles tinham cumprido as instruções do aviso. No caso de não terem cumprido com o aviso perguntava-se o porquê. Na sequência também era solicitado ao participante para expor suas impressões sobre a sua navegação no ambiente virtual. Todos os participantes foram submetidos à mesma condição e procedimento experimental. A simulação durava, em média, quatro minutos.

Resultados e Discussão

Os participantes deste estudo constituíram uma amostra especial porque eram estudantes do Mestrado em *Design* de Jogos da UBI, como também eram jogadores experientes. Desta forma, eles eram muito atentos aos aspetos técnicos na navegação e das imagens geradas por computador, em particular os problemas de *aliasing*.¹

Embora o principal objetivo deste estudo não tenha sido avaliar a eficácia do aviso, foi possível fazer algumas reflexões sobre este elemento. Os resultados mostraram que apenas 29% dos participantes tiveram um comportamento consonante com o aviso, embora 71% relataram que tinham visto o aviso, destes 50% disseram ter lido o aviso. Deduzimos que esta baixa taxa de consonância estava relacionada com a perceção de risco baixa por parte dos participantes, talvez pela falta de uma narrativa forte, que reforçasse a existência de perigos no ambiente. Por outro lado, como jogadores experientes, os participantes tinham como foco alcançar o objetivo das tarefas e, desta forma, adotarem um comportamento não realista em relação ao perigo. Salienta-se que todos os participantes foram capazes de alcançar os objetivos, inclusive os que cumpriram com o aviso. Estes encontraram estratégias para alcançar os objetivos, executando a tarefa de contar as caixas à distância ou contornando a área de perigo.

Relativamente às impressões verbalizadas pelos participantes, é possível destacar alguns pontos positivos e negativos. Os pontos positivos estavam relacionados à qualidade e compreensão do áudio. Todos se mostraram familiarizados com a forma de navegar e não tiveram dificuldades em controlar o avatar. Quanto aos pontos negativos, alguns participantes relataram sentirem enjoo e também dificuldade no fluxo de navegação. Eles consideraram uma navegação difícil, devido à baixa taxa de refrescamento das imagens e justificaram que o número de objetos poderia ser o problema. Em uma análise detalhada,

¹ *Aliasing* é a aparência serrilhada nas linhas inclinadas de imagens digitais.

identificamos que o alto número de texturas adicionadas na sinalização das prateleiras poderia ser responsável por este problema. Em relação à qualidade dos gráficos, um participante avaliou as imagens como desfocadas. Isso significa que houve falta de ajuste do HMD. Neste contexto, recomenda-se cuidado na colocação do equipamento para características individuais. Alguns participantes expressaram que sentiram um envolvimento fraco no ambiente virtual. Este problema pode estar associado ao seu nível de presença, um aspeto importante das experiências de RV. Neste contexto, o uso de uma narrativa desafiadora é importante para aumentar a sensação de presença no ambiente virtual e aumentar a resposta emocional do participante (Gorini et al., 2011). Além disso, elementos como mover objetos e sons ajudam a acentuar o sentimento de estar presente no mundo virtual. Nesta avaliação, estávamos mais interessados em avaliar as características do ambiente virtual e, na ausência de uma narrativa que desafia os participantes, escolhemos usar, como recursos, animações de som de caixas que caíam quando os participantes se aproximavam.

Conclusão

Este estudo preliminar revelou a necessidade de inserir alguns elementos para tornar a simulação mais próxima da experiência real:

- a) A necessidade de criar uma narrativa mais complexa, de modo a aumentar o nível de presença, tornando o engajamento do participante maior na tarefa principal (tarefas a realizar no armazém), ao mesmo tempo em que seria informado para a necessidade de ter cuidado com os riscos a que estaria sujeito;
- b) A necessidade de simplificar o armazém virtual, devido ao fato dos participantes sentirem enjoos, que se deduziu serem devidos à baixa taxa de refrescamento das imagens.

Da análise destes resultados foi decidido:

- a) O desenvolvimento de outro ambiente virtual, constituído por um novo armazém onde o número de objetos e texturas seria menor;
- b) A necessidade da modelação de um ambiente de treino, para os participantes interagirem e acostumarem-se com a forma de navegação no ambiente virtual e para que os equipamentos pudessem ser ajustados aos participantes antes da experiência;

c) A necessidade de desenvolver uma narrativa que promovesse o envolvimento dos participantes e os alertasse para a importância de cumprir com os avisos existentes dentro do ambiente virtual.

3.4. Desenvolvimento do segundo protótipo

Introdução

Considerando os requisitos determinados no estudo anterior, os objetivos para esta etapa do projeto foram:

- a) desenvolvimento de um novo ambiente virtual (Figura 11);
- b) modelação de um ambiente de treino;
- c) desenvolvimento de uma nova narrativa.

A solução para estes requisitos foi definida a partir de reuniões com a equipa do ErgoVR e serão apresentadas a seguir.



Figura 11: Ponto de vista do first person no interior do 2º protótipo

3.4.1. Modelação do ambiente 3D

O modelo 3D da estrutura do armazém foi o mesmo utilizado no estudo anterior, porém a disposição das estantes foi modificada, sendo posicionadas de forma perpendicular à entrada do armazém (Figura 12). Desta forma foi possível diminuir a quantidade das estantes diminuindo também o número de corredores. Foi decidido ainda eliminar as

etiquetas identificadoras das prateleiras, porque cada etiqueta equivalia a uma textura diferente, pois tinham numerações específicas que correspondiam a sua localização no armazém, relacionadas ao corredor e prateleira. Assim foram eliminadas 640 texturas diferentes. Ou seja, uma menor quantidade de objetos e textura melhora a taxa de refrescamento que por sua vez torna a navegação mais fluida diminuindo os sintomas do *Cybersickness*.

Contudo, antes de submeter este protótipo aos testes, verificou-se, durante reunião com os orientadores, que os participantes poderiam facilmente se perder no armazém, porque havia várias possibilidades de explorarem o espaço. Entendeu-se a necessidade de desenvolver um *layout* que permitisse um maior controlo da movimentação dos participantes no armazém. Assim, um requisito para o protótipo seguinte era:

a) O desenvolvimento de uma solução que evitasse que os utilizadores tivessem a possibilidade de escolher vários caminhos para dar cumprimento às tarefas.

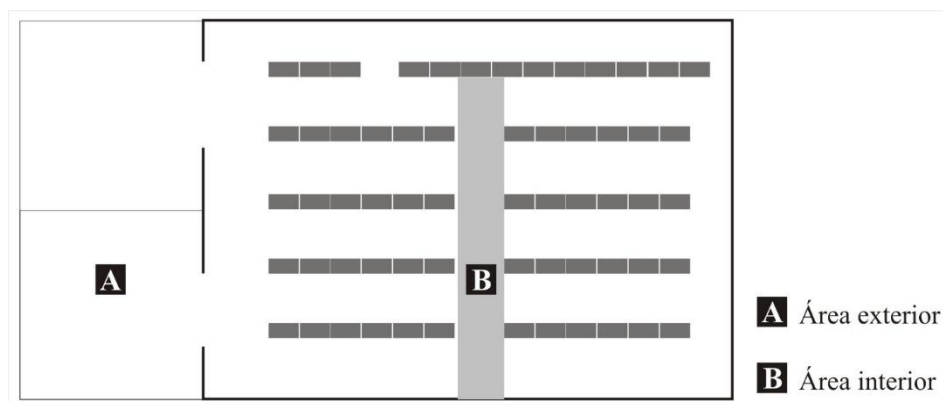


Figura 12: Layout do 2º protótipo

3.4.2. Desenvolvimento da narrativa

Paralelamente à modelação deste protótipo foi desenvolvida uma narrativa, também através de reuniões sistemáticas com a equipa do ErgoVR, considerando os requisitos propostos na avaliação do protótipo anterior. O propósito da narrativa seria aumentar o envolvimento do participante na experiência e alertar para a importância de cumprir as regras de segurança no ambiente virtual pois o não cumprimento poderia ter como consequência acidentes de trabalho. A equipa, que era compreendida por especialistas em Ergonomia, Psicologia, Design, Arquitetura e Informática, estabeleceu a seguinte narrativa:

Imagine que um amigo lhe arranhou um emprego num armazém. Mas para ficar com essa vaga é preciso fazer um teste para ver se está apto para trabalhar. Quando chega ao local para fazer o teste, o seu chefe aparece num ecrã e vai dizer as seguintes informações:

- Olá, o meu nome é Nuno Leal. Infelizmente não posso estar aí para o receber pessoalmente, em vez disso vou estar no centro de operações da fábrica a realizar umas tarefas em simultâneo. Por isso estamos a utilizar este sistema interno de vídeo para comunicar consigo. Como este é o seu primeiro dia de trabalho aqui, e ainda está à experiência, vou-lhe dar as instruções para um conjunto de tarefas que têm de ser efetuadas. Peço-lhe que ao executar as tarefas tenha o cuidado de cumprir as regras de segurança, já que no mês passado um colega sofreu um acidente de trabalho que não queremos que se repita. Se o seu trabalho for bem feito, pode ter a sorte de ser contratado. Agora siga para a entrada à direita e receberá as instruções para realizar as suas tarefas por um intercomunicador que tem no ouvido. Bom trabalho!

3.4.3. Pré-teste para avaliação da narrativa I

O objetivo deste pré-teste foi verificar o nível de compreensão da narrativa pelos potenciais utilizadores, em particular em relação aos pontos relevantes da história e na questão do cumprimento das normas de segurança (ver protocolo do teste no Apêndice II). Como o objetivo era avaliar a narrativa, não houve interação com o ambiente virtual nesta fase.

Método

Participantes. Este teste foi feito a oito pessoas. Quatro participantes do sexo masculino e quatro do sexo feminino. A faixa de idade variou entre os 18 e os 22 anos ($M = 20.2$; $DP = 1.56$).

Procedimento. O teste foi realizado no Laboratório de Ergonomia, onde o texto foi lido, em voz alta, ao participante. O texto continha a narrativa, as instruções que seriam dadas na simulação, e uma breve explicação sobre o procedimento da simulação. No final era solicitado ao participante que referisse o que recordava como pontos importantes desse texto.

Resultados e Discussão

A questão da segurança não foi citada em primeiro lugar por nenhum dos participantes, sendo que 25% deles nem chegaram a mencionar a segurança. Provavelmente a referência ao acidente de trabalho ocorrido não tenha sido exposta com suficiente ênfase. Pois, apenas um participante, apesar de citar a segurança em segundo lugar, deu-lhe bastante importância.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos optou-se por modificar a narrativa no sentido de dar maior ênfase às consequências do não cumprimento das regras de segurança.

3.4.4. Pré-teste para avaliação da narrativa II

A metodologia seguida para o desenvolvimento desta nova narrativa foi idêntica a da fase anterior. A solução encontrada foi dar mais ênfase às consequências do não cumprimento com os procedimentos de segurança. O protocolo desta avaliação pode ser visto no Apêndice III.

Método

Participantes. Este teste também foi feito a oito pessoas, sendo dois participantes do sexo masculino e seis do sexo feminino, com idades entre os 20 e os 25 anos ($M=21.75$; $DP=1.79$).

Procedimento. De forma igual ao teste anterior, o teste ocorreu no Laboratório de Ergonomia e seguiu os mesmos procedimentos.

Resultados e Discussão

O percentual dos participantes que mencionaram a segurança em primeiro lugar foi de 25%, no entanto o número de participantes que não referiram à segurança foi igual ao teste anterior (25%). Apesar da ênfase dada ao acidente de trabalho, onde um indivíduo é vítima fatal, a percentagem de esquecimento das regras de segurança foi igual nos dois estudos. Os demais participantes (50%) eventualmente não deram muita importância às questões da segurança e apenas mencionaram a segurança nos últimos lugares.

Conclusão

A modificação na segunda narrativa, não alterou significativamente os resultados em relação à primeira narrativa. Assim, para dar continuidade a este estudo sugeriu-se que a narrativa seguinte deveria abordar a necessidade de seguir as regras de segurança da empresa, em substituição a falar sobre acidentes de trabalho.

Em relação ao ambiente virtual, como citado anteriormente, verificou-se de antemão que o layout desenvolvido estimulava o participante a explorar o ambiente de forma autónoma, porém fora do controle do investigador. Isto fez com que a equipa decidisse não submeter este protótipo a uma avaliação, mas desenvolver outra solução onde fosse possível um maior controle da movimentação do participante no ambiente.

Relativamente ao ambiente de treino, este não chegou a ser modelado nesta etapa do projeto.

3.5. Desenvolvimento do terceiro protótipo

Introdução

O objetivo do desenvolvimento de um novo protótipo foi criar uma solução que evitasse que os participantes tivessem a possibilidade de escolher vários caminhos, mas que fosse possível controlá-los a seguirem o percurso desejado pelo investigador. Era importante também que a navegação fosse fluida para evitar possíveis enjoos. Relativamente à narrativa, o objetivo foi ressaltar os pontos referentes ao cumprimento das regras de segurança e também inserir as tarefas para manipular a carga cognitiva. E, por fim, criar um ambiente de treino onde o participante pudesse interagir com os equipamentos e adaptar-se à forma de navegação, antes da experiência.

3.5.1. Modelação do ambiente 3D

Os parâmetros para o desenvolvimento do novo protótipo foram definidos pela equipa do ErgoVR através de reuniões sistemáticas. A solução encontrada, resultado destas reuniões, foi a criação de um ambiente com uma sala de receção onde o participante recebia as instruções sobre as regras de segurança da empresa e sobre as tarefas que iria executar nos armazéns. O ambiente era composto, além do módulo referente à sala de receção, de mais

quatro módulos referentes aos armazéns e dois módulos de jardins, que eram ligados por corredores. A utilização dos corredores tornaria mais fácil controlar o caminho do participante e a finalidade do módulo de jardins era impedir que a câmara do *first person* captasse os objetos presentes no módulo seguinte. A dimensão de cada módulo (receção, armazéns e jardins) era de 300m² e cada armazém era composto de duas filas de estantes com caixas armazenadas nas suas prateleiras (Figura 13).

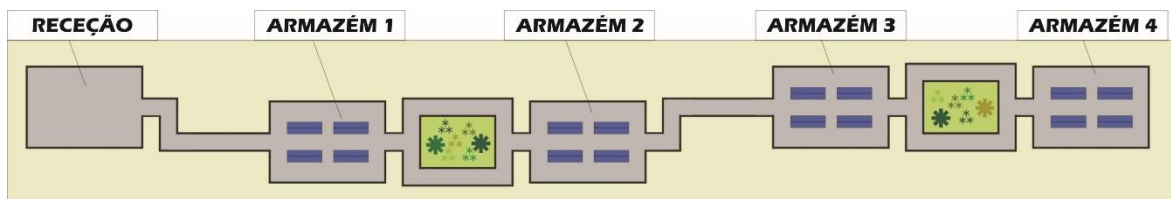


Figura 13: Planta baixa do 3º protótipo

A diminuição dos objetos presentes na cena (cada módulo) iria minimizar as questões da taxa de *frames* (taxa de quadros que são apresentados por segundo), tornando a navegação mais fluida. O número de polígonos em uma cena, os scripts, os objetos animados, a quantidade de texturas, as sombras e iluminação influenciam na taxa de atualização das imagens por segundo. Ou seja, quanto mais objetos visíveis na câmara, mais lenta a taxa de atualização das imagens. Uma taxa de atualização das imagens baixa pode ser responsável pelos enjoos dos participantes. A modelação deste ambiente (Figura 14) foi feita no *ProBuilder*, uma ferramenta para modelagem disponível na *Unity Store*, e a versão do Unity3D utilizada foi a 5.3.



Figura 14: Ponto de vista do *first person* do Armazém 2 do 3º protótipo

Ambiente de treino. O objetivo da criação de um ambiente de treino foi ajudar na interação do participante com os dispositivos, na adaptação à forma de navegação e verificar a legibilidade dos cartazes inseridos no ambiente virtual. Novamente a equipa do ErgoVR, em reuniões, definiu os requisitos para o desenvolvimento do ambiente de treino. Este ambiente era composto de quatro salas por onde o participante navegava (Figura 15), sendo que em duas existiam cartazes que o participante deveria ler. Nestas salas havia um elemento sólido, na forma de um paralelepípedo, a uma distância de 2m dos cartazes para impedir que o participante se aproximasse do cartaz e assim verificar a legibilidade dos cartazes a essa distância. Na última sala havia um aviso para o participante encerrar o treino ou reiniciá-lo. Ou seja, se o participante estivesse apto a iniciar a experiência, o treino terminava naquele momento. As dimensões do aviso e do cartaz podem ser vistas na Figura 16.

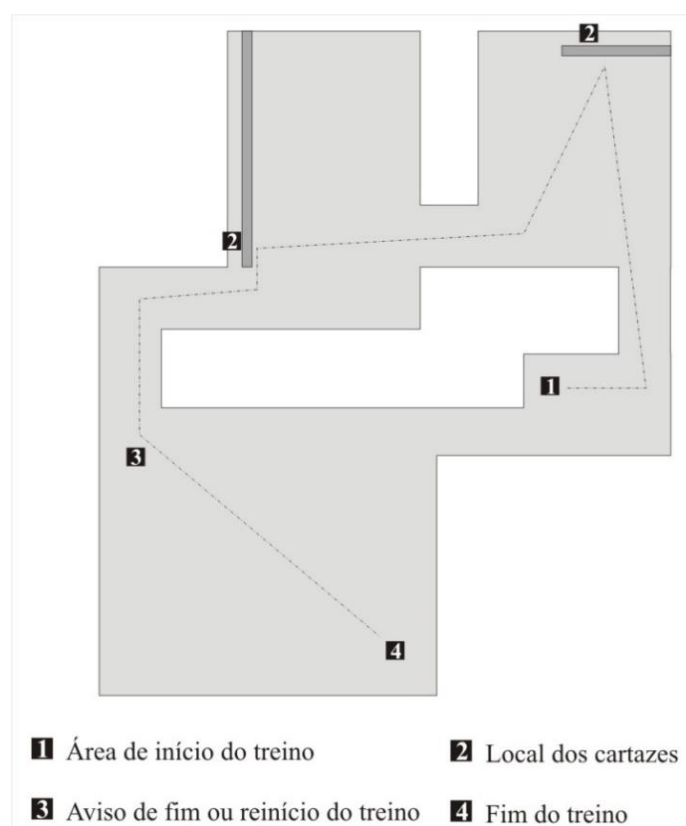


Figura 15: Planta baixa do 1º ambiente de treino

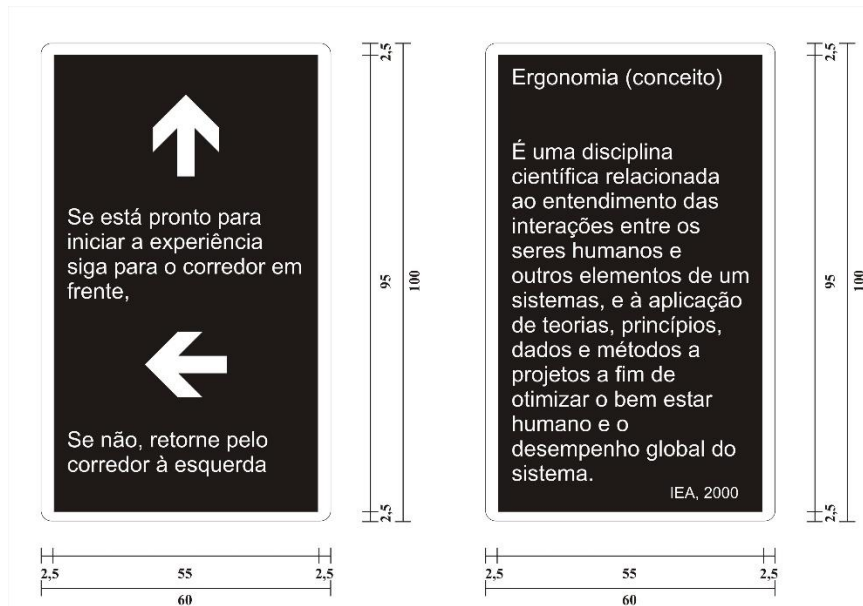


Figura 16: Dimensões dos cartazes inseridos no ambiente de treino

3.5.2. Desenvolvimento da narrativa

A nova narrativa foi decidida através das reuniões com a equipa do ErgoVR e um dos requisitos era ressaltar o cumprimento das regras de segurança da empresa. Outro requisito era que deveriam ser inseridas tarefas para manipular a carga cognitiva durante a simulação. Assim, ao terminar a navegação no ambiente de treino o participante lia a seguinte narrativa:

Imagine que você perdeu o emprego há seis meses e está com dificuldades em conseguir uma vaga na sua área. Sua grande preocupação é que sua família depende de si, pois seus pais também estão desempregados. Como sabe, é muito difícil encontrar um emprego no mercado de trabalho atual, na idade deles. Um amigo, sabendo da sua situação, conseguiu uma entrevista de trabalho para você num armazém de uma distribuidora de medicamentos. Como se trata de um tipo de trabalho que está ao seu alcance, porque apenas exige que seja eficaz em tarefas de reposição e contagem de stock de medicamentos, é uma boa oportunidade para si. Para além disto, se conseguir este emprego pode ganhar um bom salário.

Hoje você foi chamado a fazer um teste para ver se você está apto para trabalhar em armazéns. Toda esta ação vai decorrer num envolvimento virtual, onde terá a oportunidade de interagir como se estivesse numa situação real. Quando estiver lá, receberá informações acerca do que terá de fazer.

A sua capacidade em dar respostas às solicitações que lhe vão ser dadas, assim como o cumprimento da sinalização de segurança, vai ser fundamental para conseguir este trabalho.

Em seguida, ao iniciar a sessão experimental, na sala de receção do armazém virtual, o participante receberia as seguintes informações de uma voz masculina, previamente gravada:

- *Olá, meu nome é Carlos Fernandes!*
- *Infelizmente não posso estar aí para o receber pessoalmente porque hoje tenho que estar no centro de controlo da farmacêutica a substituir um colega que adoeceu. Como necessitamos de alguém urgentemente para substituir um funcionário que teve um acidente de trabalho, agendei para o dia de hoje os testes aos vários candidatos a esta vaga. Vou usar o sistema de som e vigilância dos armazéns para comunicar consigo. Estamos a processar um pedido de um hospital e precisamos verificar se temos medicamentos suficientes para a entrega.*
- *Siga pelo corredor em frente que, entretanto, eu vou passar as instruções relativas às suas tarefas pelo sistema de áudio dos armazéns. Percebeu? Pode responder que eu consigo ouvi-lo pelo sistema de som dos armazéns.*

A partir deste momento o participante receberia as informações acerca da tarefa principal a executar e também da tarefa secundária, que era responder a perguntas pessoais (manipulação da carga cognitiva baixa) e resolver operações matemáticas (manipulação da carga cognitiva alta):

- *Por favor, dirija-se ao corredor central do armazém e verifique se existem caixas vermelhas e azuis.*
- *Diga-me, quantas unidades tem em cada caixa?*
- *Vou precisar de algumas informações sobre si. Diga-me, por favor, o seu nome completo. (tarefa para a carga cognitiva baixa)*
- *Ok obrigado. Estão a faltar caixas azuis. É necessário verificar se estão no próximo armazém. Continue em frente e dirija-se ao próximo armazém. Diga-me apenas se existem caixas azuis com 5 unidades.*
- *Diga-me agora sua data de nascimento. (tarefa para a carga cognitiva baixa)*
- *Obrigado! Agora vá ao próximo armazém e diga-me quais as cores das caixas que estão no corredor da direita.*

- *Diz-me tua morada.* (tarefa para a carga cognitiva baixa)
- *Ok. Continue para o último armazém e encontre a caixa amarela com 15 unidades que está no corredor central.*
- *Precisamos entregar 30 unidades destas, azuis. Já temos 12... Com estas 15... ficam quantas mesmo?* (tarefa para a carga cognitiva alta)
- *Ótimo! Está a ir muito bem.*
- *Agora volte ao armazém da receção para saber se conseguiu o emprego.*

3.5.3. Avaliação do terceiro protótipo

Para verificar se o protótipo cumpria os requisitos de design apresentados anteriormente foi necessário fazer uma avaliação a fim de identificar problemas que pudessem ser rapidamente corrigidos, antes de avançar com os testes.

Os objetivos desta avaliação foram:

- a) verificar se os participantes tinham um comportamento consonante com os avisos de segurança (Figura 17) que se encontravam no armazém, nas condições de baixa e alta carga cognitiva, após a modificação da narrativa que dava ênfase à necessidade de cumprir as regras de segurança, e depois da sessão de treino;
- b) recolher a perceção dos participantes sobre aspetos relacionados com a presença no ambiente virtual e a usabilidade do mesmo;
- c) recolher a perceção dos participantes sobre as situações de risco/perigo existentes no ambiente virtual;
- d) avaliar o *Cybersickness* no novo ambiente virtual.



Figura 17: Avisos utilizados no ambiente virtual e suas dimensões

Método

A verificação do comportamento consoante com os avisos de segurança foi efetuada por observação. A presença, a usabilidade, a perceção de perigos no ambiente e a avaliação do *Cybersickness* foram obtidos através dos seguintes questionários, traduzidos para o português e adaptados para este estudo (Duarte et al., 2013; Reis, Duarte, e Rebelo, 2015).

Questionário de Presença (QP) (Usoh, Catena, Arman, e Slater, 2000; Witmer e Singer, 1998). Este questionário foi usado para avaliar a qualidade da interação com o ambiente 3D através de características como fatores sensoriais, fatores de distração, nível de realismo e noção de tempo. Cada pergunta era classificada usando uma escala de 7 pontos (ver questionário no Apêndice IV).

Questionário de Usabilidade (QU) (Reis et al., 2015). O participante avaliava as características do ambiente através da classificação das seguintes categorias: envolvimento pessoal na simulação; divertimento nas tarefas; coerência da narrativa com o contexto; coerência dos estímulos visuais e sonoros; qualidade visual e nitidez do ambiente e duração da simulação. Cada pergunta era classificada usando uma escala de 7 pontos ver questionário no Apêndice V).

Questionário de Percepção do Perigo (QPP) (Wogalter, Young, Brelsford, e Barlow, 1999). O objetivo deste questionário era estimar a percepção do participante em relação à existência de algum perigo naquela situação através da sua avaliação sobre seu senso de risco, a probabilidade de se lesionar, a severidade e como se comportaria nessa situação. Era utilizada uma escala de 9 pontos.

Questionário de Percepção dos Avisos de Segurança (QPAS) (Reis et al., 2015). Neste questionário o participante avaliava os avisos quanto à sua visibilidade e legibilidade e ainda ao grau de consciência da presença do aviso naquele ambiente e se o aviso lhe tinha chamado a atenção. Neste questionário era utilizada uma escala de 9 pontos. Os questionários QPP e QPAS são apresentados no Apêndice VI.

Simulador Sickness Questionnaire (SSQ) (Kennedy, et al., 1993). Este questionário foi adaptado da tradução para o português do Brasil feita por Carvalho e colegas (Carvalho, Costa, e Nardi, 2011) para medir a presença de algum tipo de desconforto durante a simulação. Os participantes indicavam o nível de gravidade de 16 sintomas em uma escala de quatro pontos onde o 0 significava “Ausente”, o 1, “Leve”, o 2, “Moderada” e o 4, “Grave” (ver questionário no Anexo I).

Participantes. Oito estudantes universitários participaram voluntariamente neste estudo. No entanto, dois alunos abandonaram o teste devido ao enjoo e não foram incluídos na amostra. Assim, a amostra foi composta por seis participantes (ver Tabela 1). Foram 3 participantes do sexo masculino e 3 do sexo feminino e tinham idade entre 22 e 45 anos ($M = 28.0$; $DP = 7.8$).

Tabela 1: Idade e gênero dos participantes do teste do 3º protótipo

Participante	Idade	Gênero
1	45	M
2	28	F
3	25	F
4	23	F
5	25	M
6	22	M

Materiais. As tarefas foram realizadas em um computador desktop com processador Intel^R CoreTMi7 - 4790K, 8 GB, placa de vídeo NVIDIA GeForce GTX 980. A interação do

ambiente virtual foi realizada usando um *gamepad* Giotech modelo VX2, OCULUS RIFT DK^{II} (display OLED, resolução 960 x 1080, 100º campo de visão) e fones sem fio PHILIPS, modelo SHC5102 / 10.

Procedimento. Depois de explicar o objetivo da experiência, os participantes eram convidados a assinar o formulário de consentimento e preencher o questionário demográfico. Os participantes desconheciam o real objetivo da experiência, apenas era dito que o objetivo era avaliar o ambiente virtual para registo de dados sobre comportamento humano. A todos os participantes era dito que poderiam abandonar a experiência em qualquer momento da simulação. Após estes esclarecimentos apresentava-se os dispositivos de interação a serem usados e se iniciava a sessão de treino.

Na sessão de treino, os participantes eram convidados a explorar um ambiente virtual e percorrer salas e corredores. Era pedido para lerem os cartazes que encontrariam, para verificar as questões de legibilidade. Uma vez que os participantes declaravam que se sentiam à vontade para continuar com a experiência, deveriam ler a narrativa e então começar a sessão experimental.

A sessão experimental iniciava-se na sala de receção onde o participante recebia as informações, através dos fones de ouvido, sobre a impossibilidade do chefe estar presente naquele ambiente e que passaria as tarefas através do sistema de áudio. Esta comunicação era sempre ativada pelo investigador através do teclado depois que o participante terminava uma tarefa ou respondia uma pergunta. Em cada armazém era solicitado ao participante executar um tipo de tarefa (por exemplo, ir ao corredor da esquerda e dizer quantas unidades tinha determinada caixa) ao mesmo tempo em que era manipulada a carga cognitiva. Para a condição de baixa carga cognitiva, o participante respondia a algumas perguntas pessoais para confirmar os seus dados da ficha pessoal de cadastro da empresa (e.g. nome completo, morada, data de nascimento), enquanto executavam a tarefa principal. Para a situação de elevada carga cognitiva, o participante respondia a operações matemáticas ligadas a tarefa de controlo de estoque. Esta estratégia de cálculos matemáticos vem sendo utilizada com êxito para estudos com manipulação de carga cognitiva (Cinaz, Arnrich, La Marca, e Tröster, 2011; DiDomenico e Nussbaum, 2011; Perry et al., 2007; Recarte e Nunes, 2003; Stevens et al., 2009; Wogalter e Usher, 1999). No entanto em dois armazéns, enquanto executava as tarefas solicitadas, o participante era confrontado com situações de risco/perigo que estavam sinalizadas com avisos de

segurança. Ao final da sessão os participantes respondiam aos questionários mencionados anteriormente.

Resultados e Discussão

Comportamento Consonante com os Avisos de Segurança. Verificou-se que 100% dos participantes tiveram o comportamento consonante com os avisos de segurança, nas duas condições experimentais de baixa e alta carga cognitiva, nos armazéns 3 e 4 respetivamente. Embora um participante tenha declarado não ter visto o aviso no armazém 2, supõe-se que o seu comportamento consonante foi devido ao nível de saliência do perigo e não pela presença do aviso, pois o mesmo declarou ter muita consciência da presença de algum perigo naquele armazém e que foi muito cauteloso ao atravessar aquele espaço.

QP. Relativamente à presença os dados obtidos revelaram que a experiência no ambiente virtual foi positiva, de uma forma geral (Figura 18). Os participantes estiveram envolvidos na simulação ao ponto de muitas vezes perderem a Noção do Tempo ($M = 5.8$; $DP = 0.4$).

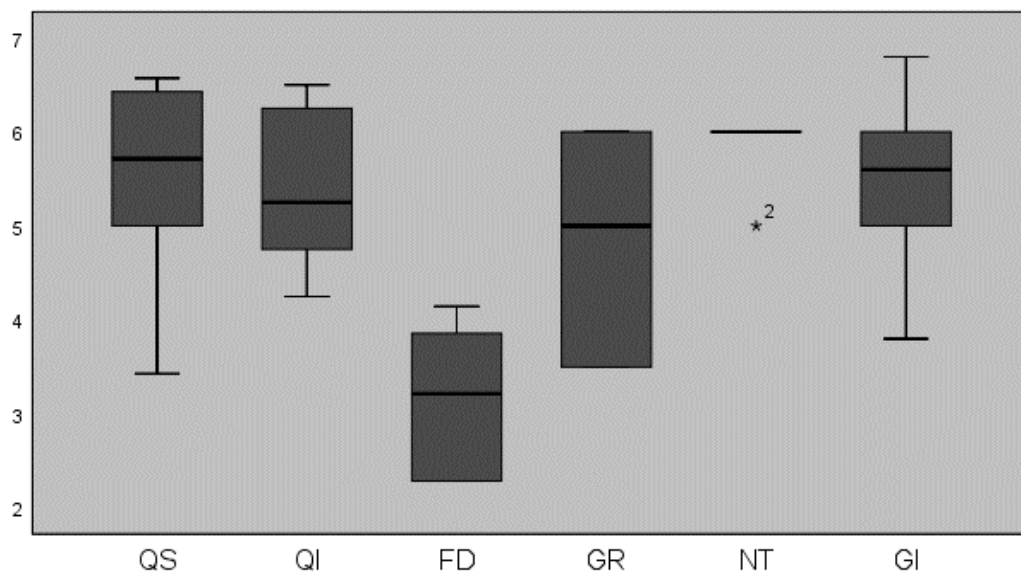


Figura 18: Boxplot do Questionário de Presença do 3º protótipo

Nota: QS – Qualidade sensorial; QI – Qualidade da interação; FD – Fator de distração (valores mais baixos são melhores); GR – Grau de realismo; NT – Noção do tempo; GI – Grau de imersão. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 1 e o máximo, 7

O Grau de Imersão foi classificado como alto ($M = 5.5$; $DP = 0.9$), isto é, os participantes sentiram que estavam presentes dentro do mundo virtual. A Qualidade Sensorial também foi classificada como alta ($M = 5.5$; $DP = 1.1$), o que sugere que os participantes conseguiram envolver todos os sentidos na simulação, nomeadamente ao que se refere aos

aspectos visuais e sonoros. Relativamente à variável Qualidade da Interação, os participantes sentiram-se à vontade com a navegação no mundo virtual ($M = 5.4$; $DP = 0.8$). Os dispositivos de configuração do sistema não foram considerados Fatores de Distração pelos participantes ($M = 3.2$; $DP = 0.7$), ou seja, eles conseguiam se concentrar nas tarefas solicitadas em vez de se concentrar nos dispositivos. Da mesma forma, em relação à variável Grau de Realismo, os participantes classificaram a experiência como razoavelmente real ($M = 4.8$; $DP = 1.1$), consideraram que o seu comportamento no mundo virtual era coerente com o seu comportamento no mundo real.

QU. Em relação à Usabilidade (Figura 19), os participantes avaliaram positivamente ($M = 5.6$; $DP = 0.5$) e destacaram o grau de envolvimento na experiência e o contexto da narrativa consistente com a simulação.

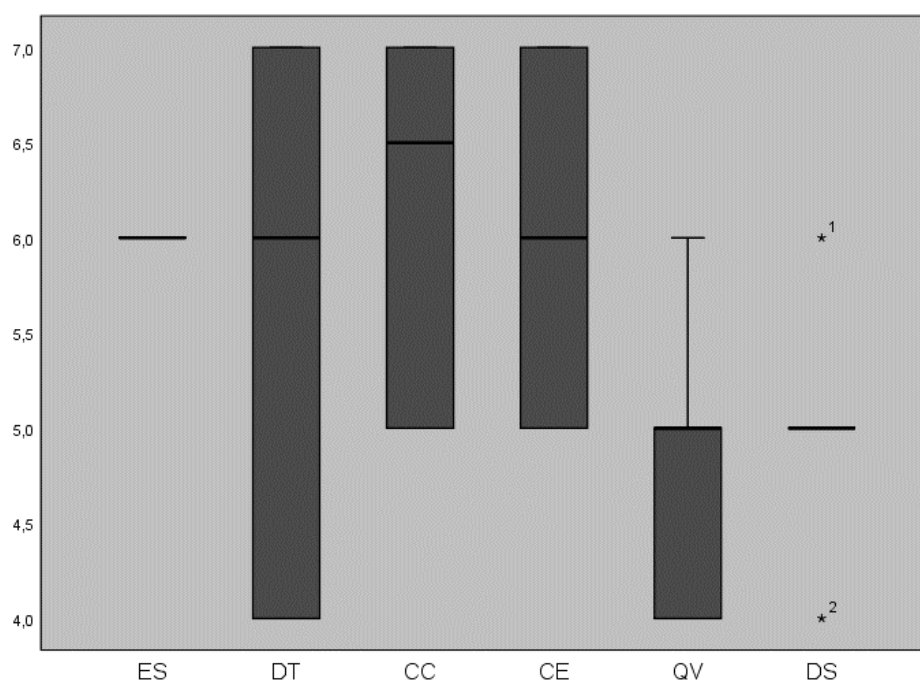


Figura 19: Boxplot do Questionário de Usabilidade do 3º protótipo

Nota: ES – Envolvimento na simulação; DT- Divertimento nas tarefas; CC – Coerência do contexto; CE – Coerência dos estímulos; QV – Qualidade visual; DS – Duração da simulação. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 1 e o máximo, 7

QPP e QPAS. No que se refere à percepção de existência de perigo e percepção dos avisos de segurança nos armazéns 2 e 4 (Figura 20), pode-se observar o seguinte:

Quanto ao armazém 2 (condição de baixa carga cognitiva), numa avaliação global, os participantes declararam estar conscientes da existência de perigo ($M = 5.3$; $DP = 0.6$). Ao analisarmos as variáveis separadamente percebeu-se que, apesar de estarem conscientes da presença do perigo ($M = 7.5$; $DP = 0.8$), se declararem muito cautelosos ao passar pela área

($M = 7.2$; $DP = 0.9$) e estarem no controle da situação para evitar comportamentos de risco ($M = 7.0$; $DP = 1.2$), eles não consideraram a situação muito perigosa ($M = 4.3$; $DP = 0.9$). Deduzimos que este resultado estava relacionado com a falta de familiaridade com este tipo de situação declarado pelos participantes ($M = 2.3$; $DP = 2.5$). Consequentemente, quanto à probabilidade de sofrer uma lesão, não classificaram como muito provável ($M = 4.3$; $DP = 0.9$) e que a severidade da lesão seria grave ($M = 4.5$; $DP = 1.3$).

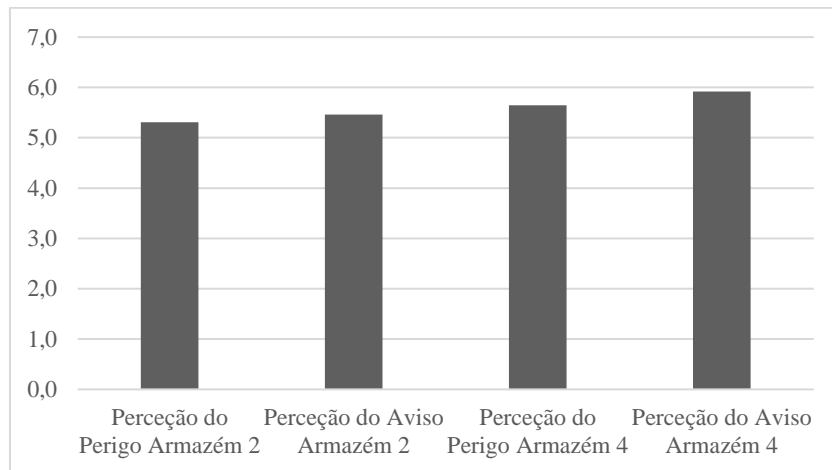


Figura 20: Gráfico referente à percepção da existência de situações de perigo e de avisos de segurança nos armazéns 2 e 4. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 0 e o máximo, 8

No que diz respeito à Percepção dos Avisos de Segurança, para o Armazém 2 (aviso de queda de objetos), os participantes declararam estar muito conscientes da existência de aviso de segurança no ambiente virtual ($M = 6.5$; $DP = 2.1$) e que o aviso de segurança havia capturado muito a sua atenção ($M = 5.8$; $DP = 1.9$) e ainda o consideraram visível ($M = 4.8$; $DP = 1.7$). Por outro lado, afirmaram que somente às vezes foram capazes de ler o aviso ($M = 4.7$; $DP = 3.4$), no entanto, apesar disso, todos cumpriram com o aviso.

Relativamente ao armazém 4 (condição de carga cognitiva elevada), os resultados globais foram elevados ($M = 5.6$; $DP = 1.1$), estavam muito conscientes da existência de perigo nessa situação ($M = 6.7$; $DP = 1.1$) e classificaram como uma situação perigosa ($M = 5.2$; $DP = 1.8$). Quanto à probabilidade de sofrerem uma lesão, admitiram que seria mais do que provável ($M = 5.2$; $DP = 1.8$) e que a severidade da lesão seria grave ($M = 4.5$; $DP = 1.3$). Manifestaram terem sido muito cautelosos ao passar por aquela área ($M = 7.3$; $DP = 0.7$) e tiveram muito controle para evitar ter um comportamento arriscado ($M = 6.7$; $DP = 0.9$). Eles declararam estarem familiarizados com este tipo de situação ($M = 4.0$; $DP = 2.8$).

Quanto aos avisos de segurança do armazém 4 (aviso de piso molhado), os dados recolhidos indicam que os participantes estavam muito conscientes da presença do aviso de segurança ($M = 6.7$; $DP = 1.1$), que o aviso de segurança foi capaz de chamar muito a atenção ($M = 6.2$; $DP = 0.9$) e às vezes foram capazes de ler o aviso ($M = 5.3$; $DP = 2.5$). Eles também o consideraram mais do que visível ($M = 5.5$; $DP = 1.6$).

Resumindo, estes dados indicam que a percepção do perigo/risco e a percepção dos avisos foram classificadas com uma média de 5.5, numa escala de 7 pontos, justificando o comportamento consonante dos participantes.

SSQ. Os dados obtidos do *SSQ* mostraram um elevado número de queixas de desconforto durante a simulação (Figura 21), além disso, dois participantes abandonaram o teste. Como mencionado anteriormente, no item 2.3.3 deste documento, os sintomas do *Simulator Sickness* podem ser divididos em três grupos: Oculomotor, Náusea e Desorientação.

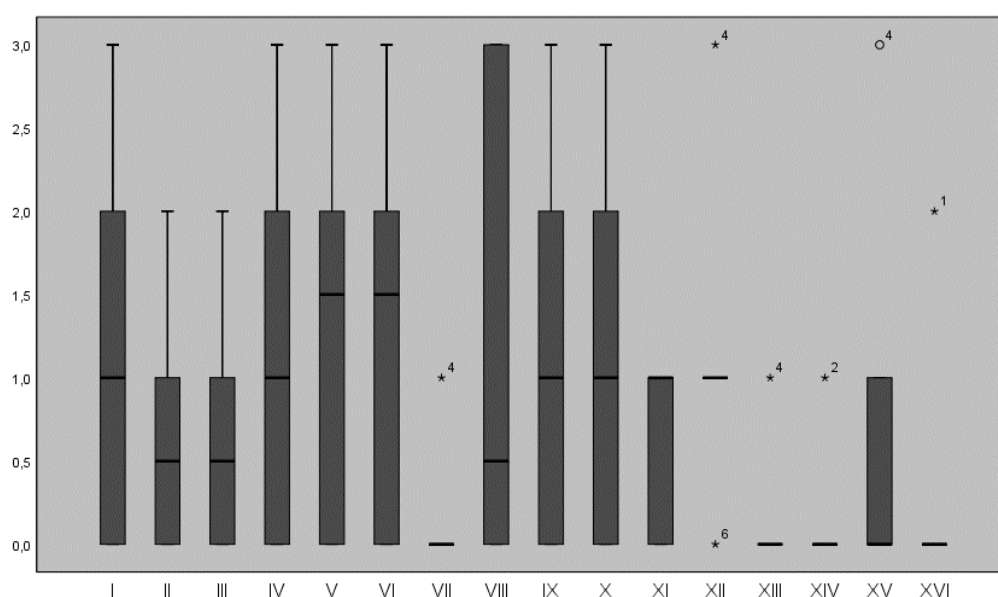


Figura 21: Boxplot do Simulator Sickness Questionnaire do 3º protótipo

Nota: I. Mal-estar generalizado; II. Cansaço; III. Dor de cabeça; IV. Vista cansada; V. Dificuldade em manter o foco; VI. Aumento de salivação; VII. Suor; VIII. Náusea; IX. Dificuldade de concentração; X. Cabeça pesada; XI. Visão turva; XII. Tontura com olhos abertos; XIII. Tontura com olhos fechados; XIV. Vertigem; XV. Desconforto abdominal; XVI. Arroto. O eixo Y apresenta os escores onde o 0 significava ausência de sintomas, o 1, sintoma leve, o 2, sintoma moderado e o 3, sintoma grave

Ao observar o gráfico pode-se perceber que o sintoma mais recorrente foi relacionado à Desorientação: dificuldade de manter o foco ($M = 1.3$; $DP = 1.1$). Este resultado é compatível com o que diz Stanney e colegas (2003), que nas simulações em ambientes virtuais, os sintomas predominantes são referentes, em primeiro lugar, à Desorientação. Ainda no grupo da Desorientação os seguintes sintomas foram citados: náusea ($M = 1.2$;

DP = 1.3), cabeça pesada (M = 1.2; DP = 1.1), visão turva (M = 0.7; DP = 0.5), tontura com olhos abertos (M = 1.2; DP = 0.9). Os sintomas relacionados à Náusea foram: mal-estar generalizado e dificuldade de concentração (ambos com M = 1.2; DP = 1.1), desconforto abdominal (M = 0.7; DP = 1.1) e arroto (M = 0.3; DP = 0.7). Enquanto os relacionados ao Oculomotor foram: cansaço (M = 0.7; DP = 0.7), dor de cabeça (M = 0.7; DP = 0.7), vista cansada (M = 1.2; DP = 1.1).

Conclusão

Este estudo teve como objetivos avaliar a consonância comportamental com avisos de segurança, recolher a percepção dos participantes sobre aspetos de presença, usabilidade, situações de perigo e avaliar a *Cybersickness*.

Relativamente ao comportamento, apesar do resultado ter atingido os 100% de consonância com os avisos de segurança, acreditamos que houve uma influência do nível de saliência das situações de perigo no ambiente. Assim, foi necessário reconsiderar a importância de expor a situação de perigo de forma tão evidente.

Quanto aos resultados relacionados aos questionários, no geral apresentaram dados bastante positivos mostrando que os critérios estabelecidos para a simulação, como a narrativa, as tarefas, os equipamentos de interação, os modelos 3D, foram adequados. Por outro lado, as questões relativas a *Cybersickness*, não tiveram um resultado positivo. O elevado número de queixas revelou que era preciso examinar detalhadamente o que estava a causar o problema e fazer as devidas alterações. A provável causa dos enjoos supõe-se ter sido devido à cintilação (Howarth e Costello, 1997; Kolasinski, 1995; LaViola, 2000) e à velocidade do avatar (3m/s) (McCauley e Sharkey, 1992), como citado no item 2.3.3 deste documento.

3.6. Desenvolvimento do quarto protótipo

Introdução

O objetivo da modificação deste protótipo foi adotar soluções para minimizar os problemas identificados no estudo piloto anterior, em particular os enjoos. Também foram discutidas, com a equipa do ErgoVR, alternativas para a questão da saliência das situações de perigo,

pois o comportamento de consonância dos participantes poderia ter sido em função da situação de perigo na área e não em função da existência do aviso de segurança no ambiente.

3.6.1. Modelação do ambiente 3D

As alterações feitas no ambiente virtual (Figura 22), para solucionar os problemas encontrados no estudo piloto anterior, foram:

- I) Substituição das texturas do piso e do teto por uma com menos contraste. Sabe-se que o contraste causa a cintilação que por sua vez pode induzir a *Cybersickness* (Howarth e Costello, 1997; Kolasinski, 1995; LaViola, 2000);
- II) Diminuição da velocidade do avatar, que passou a caminhar a 2 m/s (anteriormente era 3 m/s). Para minimizar os problemas de *Cybersickness* a movimentação dentro de um ambiente virtual deve ser com baixa velocidade (McCauley e Sharkey, 1992) ;
- III) Diminuição da evidência das situações de perigo que provavelmente estavam a influenciar o comportamento consonante. Foram eliminadas as caixas caídas no chão do armazém 2 que representavam a queda de objetos e a água no chão do armazém 4 que representava o piso molhado.

3.6.2. Avaliação do quarto protótipo

Esta avaliação (Almeida, Rebelo, e Noriega, 2016) teve como objetivos:

- a) verificar se os participantes tinham um comportamento consonante com os avisos de segurança nas condições de baixa e alta carga cognitiva, após terem sido excluídas as situações que evidenciavam os riscos/perigos existentes no local;
- b) recolher a percepção dos participantes sobre aspetos relacionados com a presença e usabilidade do ambiente virtual;
- c) recolher a percepção dos participantes sobre as situações de risco/perigo existentes no ambiente virtual;
- d) avaliar a *Cybersickness* no ambiente virtual modificado.



Figura 22: Armazém 2 sem as caixas caídas no chão que evidenciavam a existência de perigo no ambiente

Método

O comportamento de consonância com os avisos de segurança foi verificado por observação. Relativamente à percepção dos participantes sobre a presença, usabilidade, situação de perigo e o *Cybersickness* foram utilizados os mesmos questionários do estudo piloto anterior. Para mais detalhes sobre os questionários ver o tópico 3.5.3 deste documento.

Participantes. Cinco estudantes universitários participaram voluntariamente neste estudo.

Tabela 2: Idade e gênero dos participantes do teste do 4º protótipo

Participante	Idade	Gênero
1	23	F
2	20	F
3	43	F
4	18	M
5	28	M

Materiais. Os equipamentos foram os mesmos utilizados no teste anterior.

Procedimento. O procedimento foi igual ao teste anterior: explicação do objetivo da experiência, leitura e assinatura do formulário de consentimento pelos participantes e

preenchimento do questionário demográfico. Em seguida, iniciavam a sessão de treino com os dispositivos de interação que também iriam ser usados na sessão experimental.

Na sessão de treino, os participantes exploravam um ambiente virtual e liam cartazes que encontravam, para verificar as questões de legibilidade. Uma vez que se declaravam à vontade com a interação, liam a narrativa e então iniciavam a sessão experimental.

Da mesma forma que o teste anterior, a sessão experimental iniciava-se na sala de recepção onde o participante recebia as informações sobre a impossibilidade do chefe estar presente naquele ambiente e sobre as tarefas que iria executar. O investigador ativava a comunicação entre o chefe e o participante através do teclado, depois que o participante terminava uma tarefa ou respondia uma pergunta. As perguntas e tarefas solicitadas podem ser conferidas no item 3.5.2 deste documento. Ao final da sessão experimental os participantes respondiam aos questionários mencionados anteriormente.

Resultados e Discussão

Consonância Comportamental. Os dados recolhidos revelaram que 40% dos participantes não tiveram o comportamento consonante com os avisos de segurança. Um participante declarou não ter visto o aviso do armazém 4 e por isso não cumpriu o aviso. Supõe-se que pode ter sido causado pelo efeito da situação de carga elevada, pois este participante não efetuou os cálculos matemáticos de forma correta. O outro participante, que também não cumpriu o aviso, eventualmente estava mais focado em desempenhar as tarefas de procura, o que indica a necessidade de reforçar o discurso sobre as regras de segurança na narrativa.

QP. Relativamente à presença (Figura 23), os dados coletados mostraram resultados positivos. A qualidade da experiência sensorial foi classificada como alta ($M = 5.3$; $DP = 0.6$) e também o nível de imersão ($M = 5.4$; $DP = 0.8$), ou seja, pode-se deduzir que os participantes perceberam que os seus sentidos estavam envolvidos na simulação, sentiram-

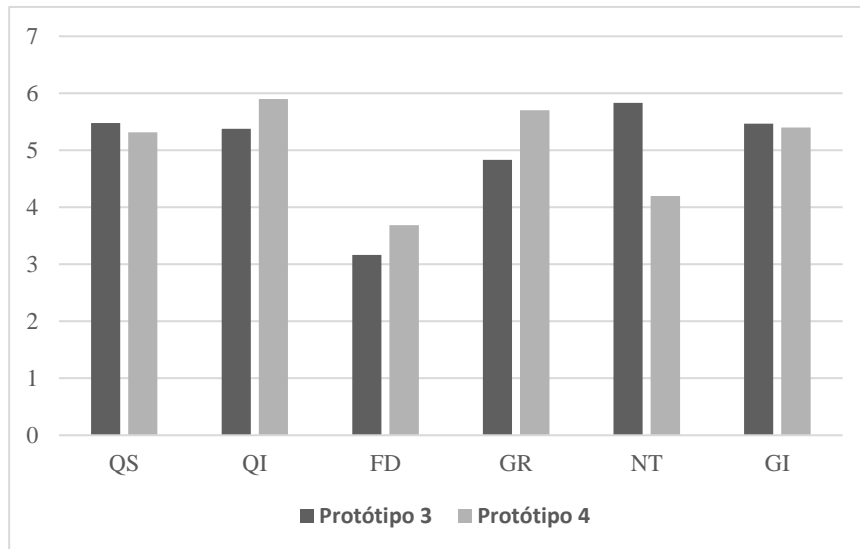


Figura 23: Comparação do nível de presença entre protótipos 3 e 4

Nota: QS – Qualidade sensorial; QI – Qualidade da interação; FD – Fator de distração; GR – Grau de realismo; NT – Noção do tempo; GI – Grau de imersão. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 0 e o máximo, 7

se presentes no ambiente virtual. Eles estiveram envolvidos na simulação até o ponto de, por vezes, perderem a noção do tempo ($M = 4.2$; $DP = 1.9$). Além disso, classificaram os fatores de interação como bons ($M = 5.9$; $DP = 0.4$), nomeadamente a facilidade da navegação no ambiente virtual. Em geral os dispositivos de interação com o sistema não foram considerados fatores de distração ($M = 3.7$; $DP = 0.9$), no entanto eles estavam conscientes do dispositivo de controle porque referiam que não oferecia uma forma natural de navegação no ambiente virtual. A classificação do grau de realismo foi alta ($M = 5.7$; $DP = 0.67$), ou seja, consideraram que era coerente com uma situação da vida real.

QU. Como no estudo anterior, os resultados destacaram a consistência do contexto da narrativa com a simulação ($M = 5.6$; $DP = 1.0$). A avaliação global da usabilidade foi menor do que o estudo anterior (Figura 24), apesar disso foi, no geral, positiva ($M = 4.9$; $DP = 0.3$). Os estímulos visuais e auditivos ($M = 4.2$; $DP = 0.7$), assim como a qualidade visual e nitidez do ambiente ($M = 4.8$; $DP = 0.7$) foram aceitáveis na avaliação da usabilidade do protótipo. Quanto a duração da simulação os participantes consideraram razoável, nem muito longa e nem muito curta ($M = 4.4$; $DP = 0.5$). Em relação ao envolvimento e divertimento foi classificado como alto ($M = 5.2$; $DP = 0.7$ / $M = 5.2$; $DP = 1.0$, respetivamente). É importante citar que um participante se perdeu no módulo do jardim e ficou a dar voltas neste módulo.

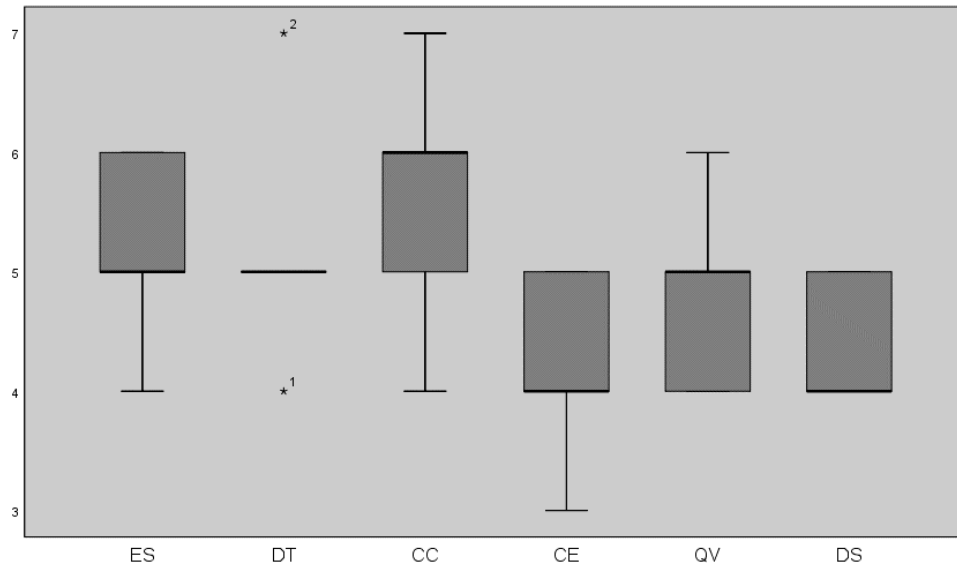


Figura 24: Boxplot do Questionário de Usabilidade do 4º protótipo

Nota: ES – Envolvimento na simulação; DT- Divertimento nas tarefas; CC – Coerência do contexto; CE – Coerência dos estímulos; QV – Qualidade visual; DS – Duração da simulação. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 1 e o máximo era 7

QPP. De uma forma geral os dados indicam que os participantes tiveram alguma consciência da existência de perigo no armazém 2 ($M = 4.9$; $DP = 1.4$), porém a percepção do perigo foi menor que no protótipo 3 (Figura 25).

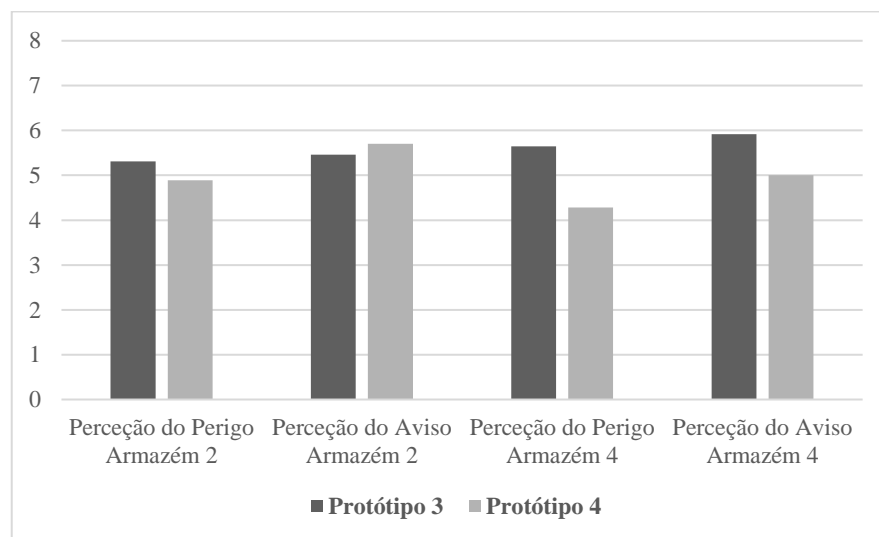


Figura 25: Percepção da existência de perigo e de avisos nos protótipos 3 e 4. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 0 e o máximo era 8

Este resultado pode ser justificado pela eliminação das evidências de uma situação de perigo na área. De forma separada os resultados alcançados indicam que os participantes estavam conscientes da existência de perigo ($M = 6.4$; $DP = 2.0$) e foram cautelosos ao

passar pela área ($M = 5.6$; $DP = 2.3$). Estiveram no controle da situação para evitar comportamentos de risco ($M = 6.8$; $DP = 1.7$), porém não consideraram a situação muito perigosa ($M = 4.4$; $DP = 1.6$). Consequentemente não classificaram como muito provável sofrer uma lesão ($M = 4$; $DP = 1.4$) e que a severidade da lesão não seria muito grave ($M = 4.4$; $DP = 1.5$). Declararam também que este tipo de situação era pouco familiar para eles ($M = 2.6$; $DP = 1.7$).

Em relação ao armazém 4, os participantes afirmaram que tinham alguma consciência de que havia um perigo no armazém ($M = 5.2$; $DP = 3.5$) porém classificaram como pouco perigoso ($M = 3.2$; $DP = 1.0$). Eles disseram que era pouco provável sofrerem alguma lesão ($M = 3.6$; $DP = 1.6$) e se ocorresse uma lesão, seria pouco grave ($M = 3.4$; $DP = 1.2$). No entanto, eles foram cautelosos ao passar por aquela área ($M = 4.8$; $DP = 2.4$) e tiveram controle da situação ($M = 4.8$; $DP = 2.4$). Eles classificaram a situação como mais do que familiar ($M = 5.0$; $DP = 3.0$).

QPAS. A percepção do aviso, em geral, foi considerada alta, para o armazém 2, ($M = 5.7$; $DP = 2.2$). Os participantes declararam estar muito conscientes da existência de aviso de segurança no ambiente virtual ($M = 6.0$; $DP = 2.5$). Eles declararam que o aviso de segurança capturou muito a sua atenção ($M = 5.8$; $DP = 1.6$) e conseguiram ler o aviso ($M = 5.6$; $DP = 2.9$). consideraram que o aviso estava visível ($M = 5.4$; $DP = 2.2$).

Quanto ao armazém 4, as percepções gerais foram diversas ($M = 5.0$; $DP = 3.0$). Embora a maioria deles estivesse mais do que consciente de que havia um aviso de segurança no ambiente virtual, um participante não notou o aviso de segurança ($M = 5.6$; $DP = 3.2$). Aqueles que perceberam a existência do aviso de segurança declararam que o aviso não chamou muita atenção ($M = 4.8$; $DP = 2.7$). Três participantes declararam terem lido o aviso, no entanto dois participantes não o leram ($M = 4.8$; $DP = 3.9$). O aviso de segurança foi considerado visível ($M = 4.8$; $DP = 2.8$).

Em resumo, o nível de percepção de perigo foi elevado neste teste, onde se diminuiu o nível da saliência do perigo o que pode ser justificado pelo facto de que a presença do aviso de segurança fez com que os participantes estivessem cientes do risco/perigo.

SSQ. A ocorrência dos sintomas de *Cybersickness* foi menor neste segundo teste. Os dados mostraram que houve uma diminuição das queixas dos participantes (Figura 26). Alguns sintomas não foram mencionados e a pontuação média foi inferior ao nível de gravidade 1 (leve).

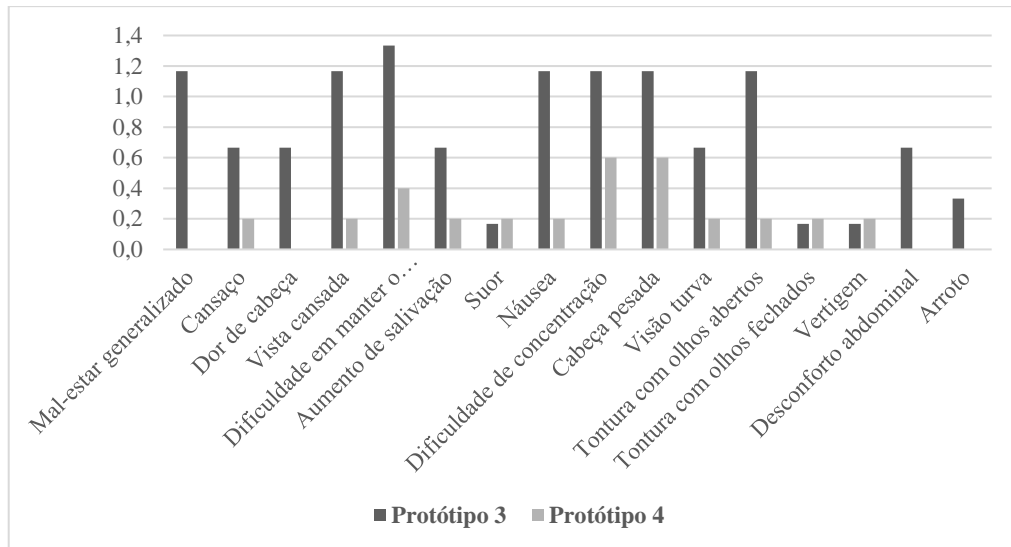


Figura 26: Comparação do resultado dos sintomas da Cybersickness nos dois estudos

Assume-se que esta diferença se deve ao ajuste (diminuição) da velocidade do avatar, um dos fatores que podem contribuir para o aumento dos enjoos durante a simulação em RV (McCauley e Sharkey, 1992).

Conclusão

O objetivo deste teste foi, além de avaliar o comportamento do participante face aos avisos de segurança, avaliar também o ambiente virtual para confirmar a sua adequação para o estudo. De acordo com os resultados, a qualidade da interação, o contexto narrativo e o nível de realismo tiveram grande impacto no nível de imersão dos participantes; os estímulos visual e auditivo influenciaram positivamente na avaliação da usabilidade do protótipo; a presença dos avisos de segurança fez com que os participantes estivessem cientes do risco/perigo; e houve uma diminuição substancial nos sintomas do *Cybersickness*. No entanto é importante salientar que um participante se perdeu em um dos módulos de jardim e tomou o sentido contrário ao pré-determinado pelo investigador. Assim, apesar dos resultados mostrarem que era possível partir para a modelação do protótipo final, havia a necessidade de reestruturar o layout do armazém de modo que diminuísse a possibilidade do participante se perder no ambiente. Relativamente à narrativa, seria necessário reforçar os aspetos das regras de segurança da empresa para aumentar a consonância comportamental aos avisos de segurança.

3.7. Desenvolvimento do quinto protótipo

Introdução

Com os resultados obtidos com o protótipo anterior, a etapa seguinte foi dar continuidade ao estudo, desta vez com a estrutura completa do armazém. Os objetivos a serem alcançados nesta etapa eram:

- a) reestruturar a disposição do armazém para minimizar a possibilidade do participante se perder no ambiente;
- b) definir mais duas situações de risco/perigo com os respectivos avisos de segurança;
- c) inserir uma iluminação para se obter um efeito mais realista e criar efeitos de sombra e assim, intensificar o senso de presença;
- d) desenvolver uma solução para aumentar a consonância comportamental com os avisos de segurança;
- e) desenvolver uma solução para evitar que o participante memorizasse as tarefas a serem executadas. Como iria aumentar o número de tarefas, surgiu a hipótese de que o participante poderia esquecer as tarefas e deixar de executá-las.

3.7.1. Modelação do ambiente 3D

A modelação do novo protótipo foi definida por meio de reuniões sistemáticas com a equipa do ErgoVR com o propósito de se alcançar os objetivos propostos. Este protótipo era constituído de uma sala de receção e mais oito armazéns (Figura 27). Os módulos referentes aos jardins foram eliminados em razão de um participante ter se desorientado e seguido o caminho inverso no teste com o protótipo 4. Consequentemente foi necessário modificar a disposição dos módulos para evitar o problema da câmara do *first person* captar os objetos dos módulos adjacentes e causar atraso na taxa de refrescamento das imagens. As dimensões dos módulos eram as seguintes: i) receção – 150m²; ii) armazém 6 – 476m²; iii) armazém 8 – 120m²; iv) demais armazéns – 300m².



Figura 27: Vista superior da estrutura final do armazém

Foram inseridas mais duas situações de perigo e os respectivos avisos de segurança: i) trânsito de empilhadoras; ii) substâncias tóxicas (Figura 28). A primeira situação estava localizada no armazém 6, que era o módulo maior onde havia um caminho definido para as empilhadoras. A segunda situação estava localizada no armazém 8, o módulo menor.



Figura 28: Avisos adicionados ao 5º protótipo, localizados nos armazém 6 e 8 respectivamente.

Relativamente à iluminação, foram introduzidos 57 pontos de luz de cor branca, com os parâmetros do Unity3D, quanto a intensidade, valor 1 e quanto ao alcance, valor 25.

O desafio para a modelação desse protótipo foi buscar estratégias para que o participante não precisasse memorizar as tarefas e também minimizar os efeitos de *Cybersickness*. Para o primeiro caso foi decidido que deveria ser colocado um *tablet*, com a indicação das tarefas, que acompanharia o *first person* durante toda a simulação. Contudo percebeu-se que esse elemento seria um fator de distração para o participante e foi necessário eliminá-

lo. Assim, a instrução para a execução de cada tarefa foi dividida em duas partes, a primeira, indicava até onde o participante deveria se encaminhar, a segunda, era dita quando o participante já se encontrava no local indicado. Para o caso de *Cybersickness*, criou-se um script que faria o *first person* caminhar na mesma direção do olhar. A navegação nos protótipos anteriores era feita utilizando o *gamepad*. Para caminhar para frente e para trás era preciso manusear um botão do *gamepad*, para girar o *first person* manuseava-se outro botão. Havia a hipótese de que este movimento de rotação do avatar pudesse causar *Cybersickness*. Assim, o botão usado para a rotação foi desativado e este movimento era feito pelo participante que deveria girar o corpo na direção que desejava caminhar.

3.7.2. Desenvolvimento da narrativa

Relativamente à narrativa, baseado no resultado do teste com o protótipo anterior, considerou-se reforçar a narrativa, no que diz respeito às regras de segurança da empresa. Assim, o texto que o participante lia antes de começar a sessão experimental (ver item 3.5.2), passou a ter o seguinte complemento:

Regras de segurança para visitantes:

- *Estar atento a sinalizações como: placas identificando perigo, fitas zebradas, sinais luminosos, cones, placas diversas;*
- *Não entrar em zonas não autorizadas;*
- *Não se aproximar ou tocar em equipamentos em funcionamento;*
- *Respeitar as saídas sinalizadas,*
- *Não obstruir as vias de acesso, de circulação e saídas de emergência;*
- *Manter as áreas visitadas limpas;*
- *Não fumar nas instalações.*

Na sessão experimental o participante recebia as informações sobre os procedimentos no ambiente e também sobre as tarefas a serem executadas. Foram adicionadas mais tarefas que tinham o propósito de manipular a carga cognitiva, as perguntas pessoais para a condição de baixa carga cognitiva (BCC) e as operações matemáticas para a condição de alta carga cognitiva (ACC).

Bom dia, o meu nome é Carlos Fernandes!

Infelizmente não posso estar aí para o receber pessoalmente porque hoje tenho que estar no centro de controlo da farmacêutica a substituir um colega que adoeceu. Como estamos a precisar de alguém urgentemente para substituir um funcionário que teve um acidente de trabalho, decidi agendar, para o dia de hoje, os testes aos vários candidatos a esta vaga. Vou usar o sistema de som e vigilância dos armazéns para podermos comunicar um com o outro. Estamos a processar um pedido de um hospital e precisamos verificar se temos medicamentos suficientes para a entrega.

- *Siga pelo corredor em frente que, entretanto, eu vou passar as instruções relativas às suas tarefas pelo sistema de áudio dos armazéns.*
- *Percebeu? Pode responder que eu consigo ouvi-lo pelo sistema de som dos armazéns.*
- *Por favor dirija-se ao corredor central do armazém e verifique se existem caixas vermelhas e azuis.*
- *(BCC) - Vou precisar de algumas informações sobre si. Diga-me, por favor, qual é o seu nome completo.*
- *(ACC) - O hospital fez um pedido de 30 unidades do medicamento da caixa vermelhas. Temos 15 + 12... quantas faltam para completar o pedido?*
- *Ok, obrigado. Estão a faltar as caixas azuis. É necessário verificar se estão no próximo armazém. Continue em frente e dirija-se até lá. Diga-me apenas se existem caixas azuis com 5 unidades.*
- *(BCC) - Qual é a sua data de nascimento?*
- *(ACC) - Eles precisam também de 15 unidades do medicamento desta caixa azul. Então quantas caixas de 5 unidades vamos precisar?*
- *Obrigado! Agora vá ao próximo armazém e diga-me quais as cores das caixas que estão no corredor da direita.*
- *(BCC) - Já agora, diga-me a sua morada.*
- *(ACC) - Vamos precisar então de 3 caixas azuis de 5 unidades para completar o pedido, veja se há caixas suficientes para este pedido.*
- *Ok. Continue para o armazém 4 e diga-me se há uma caixa amarela com 15 unidades no corredor da esquerda.*
- *(BCC) - Sabe o código postal?*

- (ACC) - *Até agora temos 30 unidades de medicamento da caixa vermelha e 15 da azul. Temos quantas unidades no total?*
- *Muito bem. Agora vá ao armazém 5 e conte quantas caixas vermelhas existem na última estante do corredor central.*
- (BCC) - *Tenha calma que ainda preciso de mais informações sobre si. Diga-me o seu estado civil.*
- (ACC) - *30 do medicamento vermelho mais 15 do azul e mais 15 do amarelo são 60, correto?*
- *Ok. Agora verifique o que tem dentro da caixa que está aberta no corredor central do próximo armazém.*
- (BCC) - *Quais são suas habilitações?*
- (ACC) - *O hospital acabou de aumentar o pedido do amarelo para 45 unidades. Já tem as 15, quantas faltam?*
- *Ok, obrigado! Verifique agora, por favor, no próximo armazém, quantas unidades tem a caixa amarela do corredor da esquerda.*
- (BCC) - *Qual é o seu e-mail?*
- (ACC) - *O hospital quer também mais 10 do azul. Já temos 15, quanto será o total?*
- *Muito bem! Obrigado! Agora continue para o último armazém e diga-me quantas caixas azuis tem.*
- (BCC) - *É natural de onde? De Lisboa?*
- (ACC) - *Desistiram do pedido do vermelho. Agora temos 45 do amarelo mais 25 do azul. Qual o total?*
- *O seu teste acabou. Está de parabéns! Entraremos em contato consigo na próxima semana para dizer se conseguiu o emprego. Muito obrigado.*

3.7.3. Avaliação do quinto protótipo

O objetivo deste teste foi avaliar a consonância comportamental com avisos de segurança do tipo tradicional, estático, em condições de baixa e alta carga cognitiva. O resultado esperado era que os participantes na condição de baixa carga cognitiva tivessem um comportamento consonante com os avisos de segurança enquanto os participantes em alta carga cognitiva tivessem um comportamento não consonante. Paralelamente procurou-se obter a percepção dos participantes referentes à presença, usabilidade e os sintomas de *Cybersickness*.

Método

Os dados da consonância comportamental eram obtidos através de observações do investigador. Quanto aos dados de presença, usabilidade e *Cybersickness* eram obtidos através das respostas dos participantes aos questionários mencionados anteriormente no tópico 3.5.3 deste documento.

Participantes. Doze indivíduos participaram voluntariamente nos testes (3 mulheres e 9 homens), sendo 11 militares e um civil. Destes, dois abandonaram o teste devido a enjoos (1 mulher e 1 homem). As idades variavam entre 26 e 47 anos ($M = 33.2$; $DP = 6.9$).

Materiais. As tarefas foram realizadas com os mesmos equipamentos do teste anterior.

Procedimento. Os testes foram feitos durante um evento comemorativo, a Semana da Marinha, nas Piscinas Oceânicas de Oeiras, e qualquer pessoa poderia participar voluntariamente. Todo o procedimento ocorreu de forma igual aos testes anteriores, com a explicação do objetivo da experiência, assinatura do formulário de consentimento, preenchimento do questionário demográfico, a sessão de treino, a sessão de simulação na RV e as respostas aos questionários. A condição de baixa ou alta carga cognitiva era dada de forma aleatória.

O objetivo da sessão de treino era verificar se os participantes conseguiam ler os cartazes que ali se encontravam, pois eram das mesmas dimensões que os avisos que eles iriam encontrar no ambiente da sessão experimental, e também para que se familiarizassem com os dispositivos de interação. Uma vez que se declaravam à vontade com a interação, encerravam a sessão. Em seguida era solicitado que lessem a narrativa e então iniciavam a sessão experimental.

Da forma similar ao teste anterior, no início da simulação e já no ambiente virtual o participante recebia as informações do chefe, através dos fones, sobre a impossibilidade de estar presente naquele ambiente e sobre as tarefas que deveria executar. Todas as comunicações do chefe eram ativadas pelo investigador através do teclado, depois que o participante terminava uma tarefa ou respondia a uma pergunta. Ao final da sessão experimental os participantes respondiam aos questionários.

Resultados e Discussão

Consonância Comportamental. Os resultados observados revelaram que 100% dos participantes, em ambas as condições experimentais, não tiveram o comportamento de consonância com os avisos de segurança. A justificativa apresentada pelos participantes era que estavam focados em cumprir as tarefas.

QP. No que se refere ao questionário de presença (Figura 29), os dados coletados relacionados à qualidade da experiência sensorial apresentaram uma classificação alta ($M = 5.2$; $DP = 0.6$). Consideraram a qualidade da interação razoável ($M = 4.8$; $DP = 0.9$). A qualidade da interação refere-se ao grau de adaptação e habilidade na navegação percebida pelos participantes. Este item ter recebido uma classificação “razoável” justifica-se porque os participantes não eram jogadores frequentes de videogames, de forma que apresentaram um certo grau de dificuldade no manuseio do *gamepad*. No entanto, um participante que se declarou jogador assíduo foi o que atribuiu a classificação mais baixa (3.3), isto pode ser justificado também pelo manuseio do *gamepad*, que também foi classificado por este participante como um grande fator de distração durante a simulação (7.0). Provavelmente o participante tentava navegar utilizando os comandos normalmente utilizados nos videogames porém neste teste só era necessário utilizar um comando do *gamepad*. De uma forma geral, no entanto, os dispositivos de interação não foram considerados fatores de distração ($M = 3.8$; $DP = 1.0$). Quanto ao nível de imersão, sentiram-se, de certa forma, presentes dentro do ambiente virtual ($M = 5.0$; $DP = 0.9$), e se declararam envolvidos na simulação até o ponto de perderem a noção do tempo ($M = 5.5$; $DP = 1.6$). Em relação ao grau de realismo, classificaram como razoável ($M = 4.7$; $DP = 0.9$).

QU. Relativamente à usabilidade (Figura 30), os resultados obtidos revelaram que os participantes estiveram muito envolvidos na simulação ($M = 5.6$; $DP = 0.5$) e que tiveram um alto grau de divertimento ($M = 5.9$; $DP = 0.8$). Consideraram que o contexto da narrativa era muito consistente com a simulação ($M = 5.7$; $DP = 0.6$) da mesma forma que os estímulos visuais e auditivos ($M = 5.8$; $DP = 0.4$). A qualidade visual e nitidez do ambiente foram consideradas aceitáveis ($M = 4.9$; $DP = 1.1$) e quanto a duração da simulação os participantes consideraram razoável, nem muito longa e nem muito curta ($M = 4.5$; $DP = 0.9$).

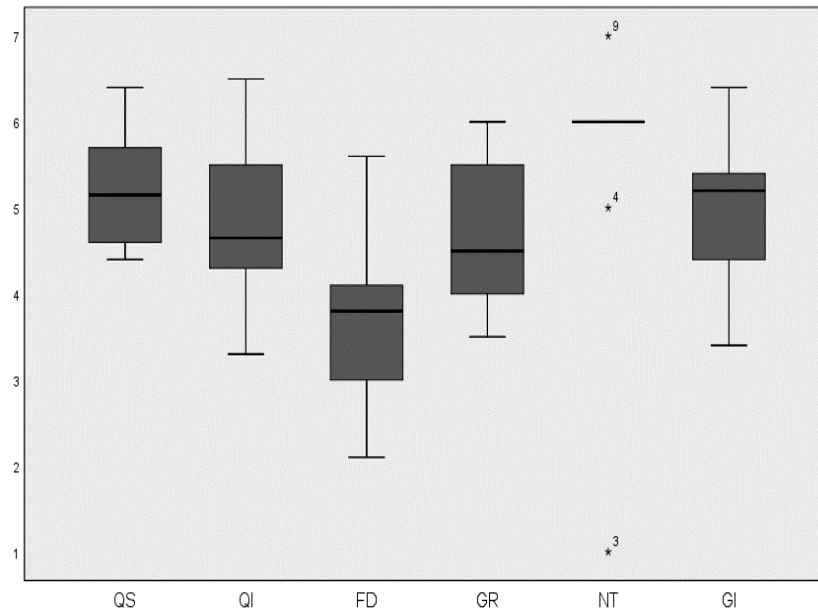


Figura 29: Boxplot do Questionário de Presença do 5º protótipo

Nota: O eixo X refere-se as questões sobre: QS – Qualidade sensorial; QI – Qualidade da interação; FD – Fator de distração; GR – Grau de realismo; NT – Noção do tempo; GI – Grau de imersão. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 1 e o máximo 7.

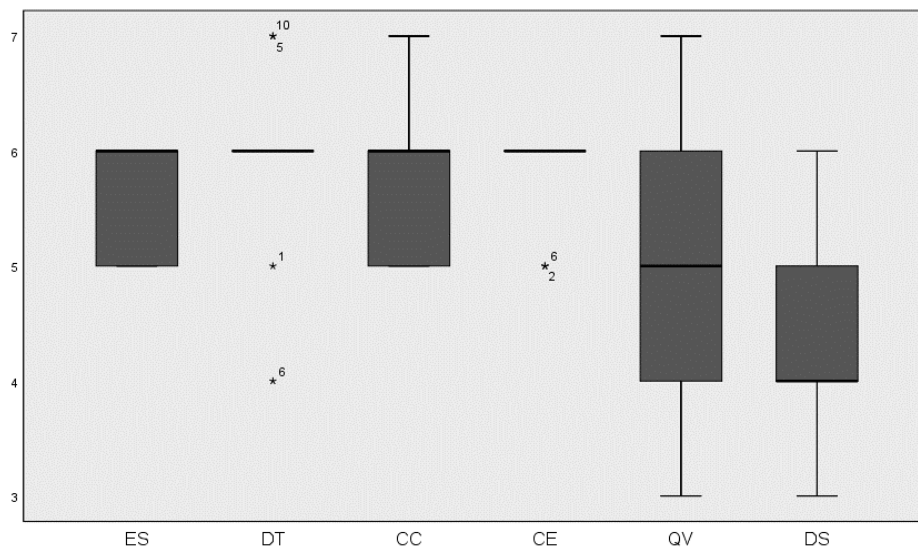


Figura 30: Boxplot do Questionário de Usabilidade do 5º protótipo

Nota: O eixo X refere-se as questões sobre: ES – Envolvimento na simulação; DT – Divertimento nas tarefas; CC – Coerência do contexto; CE – Coerência dos estímulos; QV – Qualidade visual; DS – Duração da simulação. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 1 e o máximo 7.

SSQ. Além de dois participantes terem abandonado a sessão experimental, todos os participantes experienciaram pelo menos um sintoma de *Cybersickness*. Na Figura 31 pode-se observar que quase todos os sintomas foram mencionados, exceto “Arroto”. Os sintomas mais comuns entre os participantes foram: “Dificuldade de concentração”, “Dificuldade em manter o foco” e “Vista cansada”. O sintoma “Suor”, apesar de não ter

sido citado por muitos participantes, quem o fez classificou-o na maioria das vezes como moderado ou grave. Possivelmente a inclusão da iluminação no ambiente virtual aumentou o contraste nos objetos 3D causando a cintilação, que induz a fadiga ocular e consequentemente *Cybersickness* (Howarth e Costello, 1997; Kolasinski, 1995; LaViola, 2000).

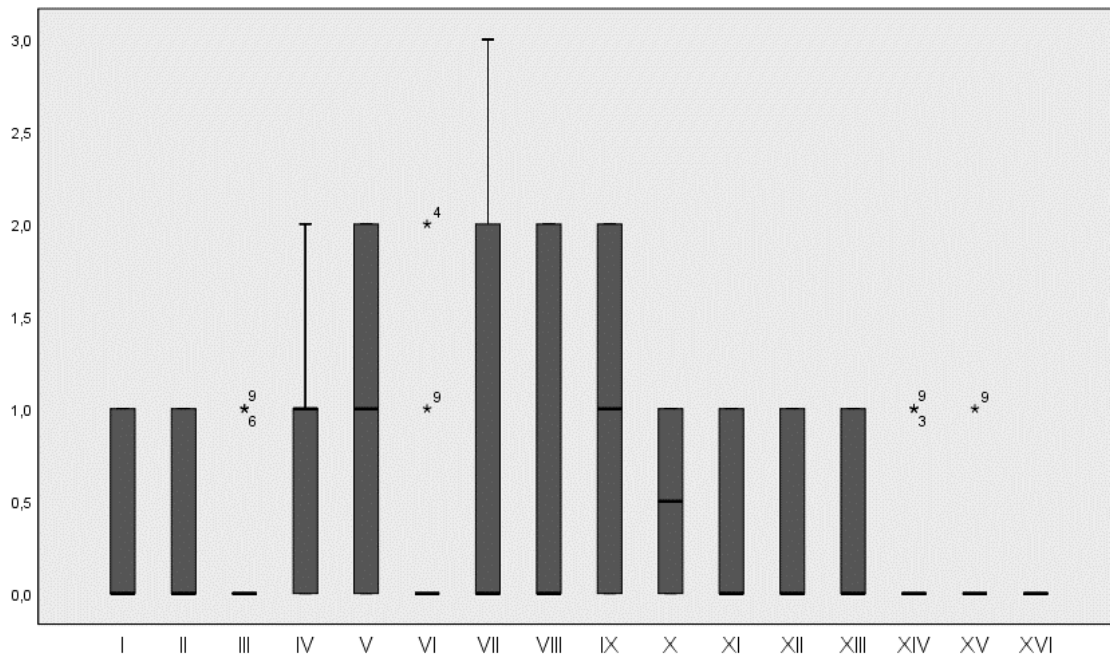


Figura 31: Boxplot do Simulator Sickness Questionnaire do 5º protótipo

Nota: O eixo X refere-se aos sintomas: I. Mal-estar generalizado; II. Cansaço; III. Dor de cabeça; IV. Vista cansada; V. Dificuldade em manter o foco; VI. Aumento de salivação; VII. Suor; VIII. Náusea; IX. Dificuldade de concentração; X. Cabeça pesada; XI. Visão turva; XII. Tontura com olhos abertos; XIII. Tontura com olhos fechados; XIV. Vertigem; XV. Desconforto abdominal; XVI. Arroto. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 0 e o máximo 3.

Conclusão

A avaliação deste protótipo procurou verificar o comportamento consonante com os avisos de segurança nas condições de baixa e alta carga cognitiva. Era suposto que na condição de baixa carga cognitiva os participantes tivessem um comportamento consonante, enquanto na condição de alta carga cognitiva não tivessem o comportamento consonante com os avisos de segurança. No entanto, todos os participantes em ambas as condições tiveram um comportamento de não consonância com os avisos. Surgiu, dessa forma, a hipótese de que era necessário reforçar o discurso sobre o cumprimento das regras de segurança na narrativa.

Relativamente aos resultados dos questionários, percebeu-se que os participantes avaliaram de forma positiva tanto a presença quanto a usabilidade do protótipo, porém, os aspetos relacionados ao *Cybersickness* apontaram a necessidade de novas modificações no ambiente virtual, nomeadamente no sentido de diminuir a cintilação causada pela iluminação.

3.8. Desenvolvimento do sexto protótipo

Introdução

O objetivo da modificação deste protótipo foi buscar soluções para os aspetos verificados na avaliação anterior quanto aos enjoos e quanto ao comportamento de não consonância dos participantes com os avisos de segurança.

Por meio de reuniões com a equipa do ErgoVR, chegou-se a conclusão de que o problema de *Cybersickness* teria sido causado pelo número de elementos no ambiente, em particular o número de pontos de luz. Além de causar a cintilação, pelo contraste das luzes e sombras, havia a questão da taxa de refrescamento devido à quantidade dos pontos de luz.

Relativamente à consonância comportamental, a equipa decidiu que seria necessário reforçar o discurso sobre as normas de segurança do armazém.

3.8.1. Modelação do ambiente 3D

A modificação no ambiente virtual concentrou-se nos pontos de luz. Ou seja, os pontos de luz foram reduzidos, passando de 57 a 28 unidades e os parâmetros foram modificados: a intensidade aumentou do valor 1 para o valor 3, enquanto o alcance diminuiu do valor 25 para o valor 9. Desta forma, reduziu-se o contraste e a quantidade de objetos na cena.

3.8.2. Desenvolvimento da narrativa

Uma vez que o comportamento dos participantes foi de não consonância com os avisos de segurança, decidiu-se reforçar o discurso sobre o cumprimento das normas de segurança nas informações recebidas no início da simulação. Desta vez, a equipa multidisciplinar do ErgoVR contou com a presença de um novo membro, da área do jornalismo. Do resultado das reuniões surgiu a seguinte narrativa:

Olá, bom dia, eu sou Tiago Pinto!

Infelizmente não posso estar aí para o receber pessoalmente. Hoje um colega adoeceu e tenho que o substituir no centro de controlo da farmacêutica. Estamos à procura de alguém que execute com eficácia tarefas de reposição e contagem de stock e que tenha também um comportamento seguro. É que um dos pilares desta empresa é o cumprimento das normas de segurança. Como temos alguma urgência, decidi agendar, para hoje, os testes aos vários candidatos a esta vaga. Vou usar o sistema de som e vigilância dos armazéns para comunicar consigo. Estamos a processar um pedido de um hospital e precisamos verificar se temos medicamentos suficientes para a entrega.

3.8.3. Avaliação do sexto protótipo

A avaliação deste sexto protótipo teve como finalidade identificar o comportamento consonante aos avisos de segurança na condição experimental de baixa carga cognitiva com avisos estáticos. Recolheu-se também a perceção dos participantes quanto à presença, usabilidade e *Cybersickness*.

Método

De forma similar aos testes anteriores, os dados da consonância comportamental eram obtidos através da observação do investigador e a perceção dos participantes sobre presença, usabilidade e *Cybersickness*, através das respostas dos questionários.

Participantes. Cinco voluntários participaram dos testes, com idade entre 21 e 34 anos ($M=25.6$; $DP=4.9$), sendo 2 do sexo feminino e três do sexo masculino.

Materiais. A simulação foi realizada com os mesmos equipamentos do teste anterior.

Procedimento. O procedimento ocorreu de forma semelhante ao teste anterior, porém este teste foi realizado no laboratório de Ergonomia da Faculdade de Motricidade Humana. O participante convidado recebia a explicação do objetivo do teste, assinava o formulário de consentimento, preenchia o questionário demográfico, e iniciava a sessão de treino.

Na sessão de treino o participante aprendia a utilizar os dispositivos de interação e a navegar no ambiente virtual. Neste ambiente também era verificada a legibilidade dos cartazes pois eram das mesmas dimensões dos avisos que os participantes iriam encontrar

na sessão experimental. Se conseguissem ler os cartazes seriam capazes de ler os avisos no ambiente da simulação. Ao final da sessão, quando se declaravam à vontade com a interação avançava-se para a leitura da narrativa e iniciava-se a sessão experimental.

Similarmente às sessões experimentais anteriores, os participantes recebiam as informações e tarefas iniciais na sala de recepção do ambiente virtual, e conforme realizassem as tarefas recebiam novas tarefas até completar a simulação. Assim que terminavam a sessão era-lhes solicitado responder aos questionários de presença, usabilidade e *Cybersickness*.

Resultados e Discussão

A taxa de consonância comportamental com os avisos de segurança estáticos foi baixa (Tabela 3). Este resultado pode ser justificado pelo tipo de aviso. De acordo com Duarte e colegas (2014), os avisos estáticos podem não ser eficazes quando estão inseridos em contextos onde os utilizadores estão envolvidos em tarefas mais ou menos complexas. Nestes casos a utilização de avisos dinâmicos produzem uma maior consonância comportamental.

Tabela 3: Resultado da consonância comportamental com avisos estáticos do 6º protótipo

	Comportamento consonante	Comportamento não consonante	Total
Aviso 1	0%	100%	100%
Aviso 2	20%	80%	100%
Aviso 3	20%	80%	100%
Aviso 4	20%	80%	100%

Quanto ao questionário de presença (Figura 32), pode-se verificar que a variável qualidade sensorial (QS) mostra que os participantes conseguiram envolver os sentidos durante a simulação e perceber os aspetos visuais e sonoros presentes no ambiente virtual. Quanto a qualidade de interação (QI), não tiveram dificuldade em adaptarem-se à RV mostrando facilidade e naturalidade na navegação, porém tiveram consciência da presença dos dispositivos de interação sendo considerados, de uma certa forma, fatores de distração (FD). Os participantes consideraram o contexto razoavelmente real e que o seu comportamento não era muito coerente com a vida real (GR). Em relação ao grau de

imersão (GI), sentiram-se estar presentes no mundo virtual e por vezes perdiam a noção do tempo (NT), porém não consideravam estar interagindo com uma pessoa real.

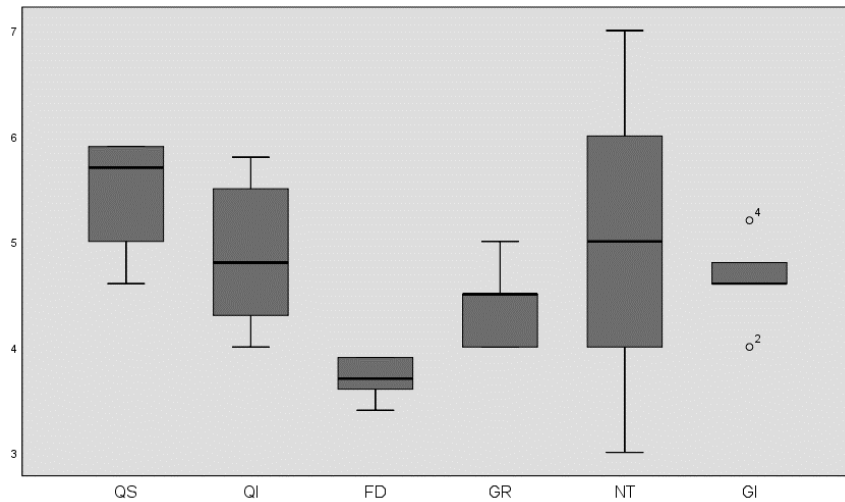


Figura 32: Boxplot do Questionário de Presença do 6º protótipo

Nota: O eixo X refere-se as questões sobre: QS – Qualidade sensorial; QI – Qualidade da interação; FD – Fator de distração; GR – Grau de realismo; NT – Noção do tempo; GI – Grau de imersão. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 1 e o máximo 7

A Figura 33, referente ao questionário de usabilidade, revela que os dados alcançados indicam que os participantes avaliaram a experiência como muito boa. Consideraram que estiveram bastante envolvidos na simulação (ES), e que se divertiram durante a experiência (DT). Julgaram a narrativa muito coerente face à simulação (CC) assim como a coerência dos estímulos (CE) inseridos no ambiente. Em relação à qualidade visual (QV) e à duração da simulação (DS), avaliaram como razoável.

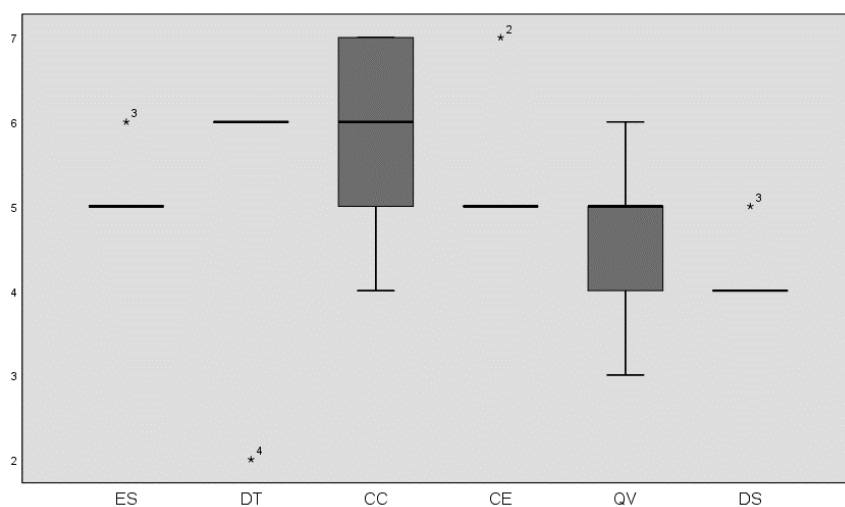


Figura 33: Boxplot do Questionário de Usabilidade do 6º protótipo

Nota: O eixo X refere-se: ES – Envolvimento na simulação; DT – Divertimento nas tarefas; CC – Coerência do contexto; CE – Coerência dos estímulos; QV – Qualidade visual; DS – Duração da simulação. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 1 e o máximo 7

No que diz respeito ao SSQ, pode-se observar, na Figura 34 que houve uma menor quantidade de sintomas referenciados pelos participantes, sendo os avaliados com maior nível de gravidade (nível 2 – moderado) “Dificuldade de manter o foco” e “Dificuldade de concentração” e o mais referido foi “Vista cansada”.

Conclusão

O objetivo desta avaliação era observar o comportamento dos participantes face a avisos de segurança do tipo estático quando em dupla tarefa de baixa carga cognitiva. No entanto, supõe-se que os avisos estáticos não foram suficientemente robustos para mudar ou influenciar o comportamento do indivíduo nesta referida condição. O que se sugere, nesta situação, é alterar os avisos estáticos para avisos de base tecnológica (dinâmicos). De acordo com Duarte e colegas (2014), a utilização de avisos dinâmicos produzem uma maior consonância comportamental.

É relevante também mencionar os resultados positivos dos questionários de presença e usabilidade o que pode ter implicado na diminuição dos sintomas de *Cybersickness*. Segundo sugerem Nichols, Haldane, e Wilson (2000), se o participante consegue se divertir e se sentir presente num ambiente virtual ele pode não perceber os sintomas de *Cybersickness*.

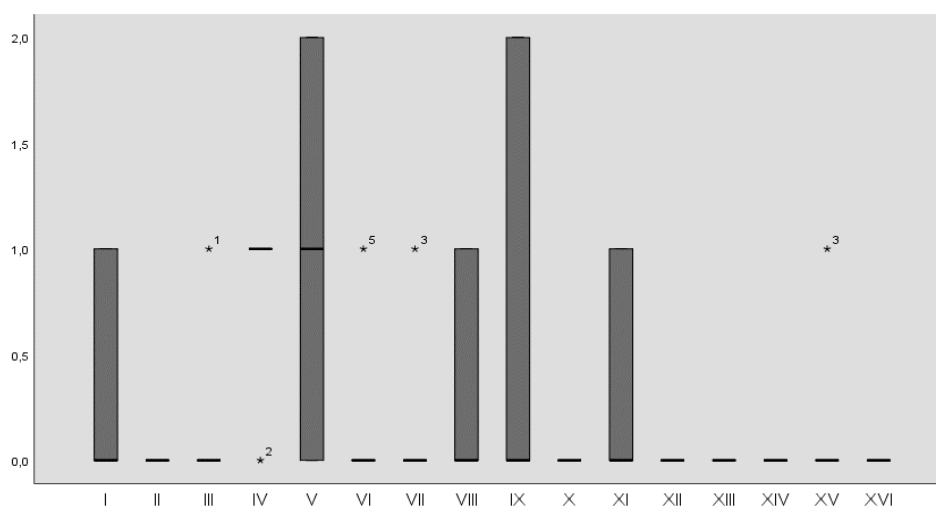


Figura 34: Boxplot do Simulator Sickness Questionnaire do 6º protótipo

Nota: O eixo X refere-se aos sintomas: I. Mal-estar generalizado; II. Cansaço; III. Dor de cabeça; IV. Vista cansada; V. Dificuldade em manter o foco; VI. aumento de salivação; VII. Suor; VIII. Náusea; IX. Dificuldade de concentração; X. Cabeça pesada; XI. Visão turva; XII. Tontura com olhos abertos; XIII. Tontura com olhos fechados; XIV. Vertigem; XV. Desconforto abdominal; XVI. Arroto. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 0 e o máximo 3

3.9. Desenvolvimento do sétimo protótipo

Introdução

Uma vez que os avisos estáticos não estimulavam o comportamento consonante dos participantes, o objetivo para esta fase foi o desenvolvimento e inserção de avisos de base tecnológica (dinâmicos) no ambiente virtual, para provocar a consonância. Como citado anteriormente, a utilização de avisos dinâmicos produz uma maior consonância comportamental, segundo Duarte e colegas (2014). Estes autores investigaram o efeito das características estática e dinâmica em avisos de segurança e sinais de saída de emergência. O resultado dessa investigação mostrou que os avisos dinâmicos influenciavam o comportamento de consonância, mais do que os avisos estáticos, tanto para os avisos de segurança quanto para os sinais de saída de emergência. Uma das razões pelas quais os avisos dinâmicos são melhores do que os estáticos é que eles tendem a ser mais visíveis. Segundo Wogalter, Laughery e Mayhorn (2012), as pessoas não procuram a existência de avisos de segurança, pelo contrário, normalmente estão concentradas nas tarefas que estão a realizar, por isso os avisos precisam ser salientes para serem notados.

3.9.1. Modelação do ambiente 3D

Para a modelação dos avisos dinâmicos a equipa de investigadores do ErgoVR estabeleceu que deveriam ser adicionadas luzes intermitentes nos avisos estáticos utilizados nos pré-testes anteriores. Para Wogalter (2006b), no que diz respeito à modalidade de aviso visual, um método comum para aumentar o nível de alerta é usar uma luz intermitente. Estas luzes seriam acionadas quando o participante se aproximava da área (Figura 35). Para isto, a equipa do ErgoVR criou um *script* que ativava as luzes através de *triggers* inseridos no ambiente virtual. Esta solução é semelhante à utilizada por Duarte e colegas (2014), que utilizaram sensores de proximidade para ativar as luzes e o alarme sonoro dos avisos dinâmicos em um ambiente virtual; e por Wogalter e colegas (1993), que utilizaram dispositivos infravermelhos de deteção para ativar os avisos quando os indivíduos cruzavam a área de entrada de um laboratório em ambiente real.

Quanto às especificações das luzes adicionadas aos avisos estáticos, eram em formato cilíndrico com 4 cm de diâmetro, sendo duas, localizadas nas laterais do aviso, com 75cm de comprimento e duas, acima e abaixo do aviso, com 45 cm de comprimento.



Figura 35: Aviso dinâmico inserido no ambiente virtual – armazém 8

A taxa de intermitência das luzes era de 2,0 Hz. De acordo com Ronchi e colegas (2015), uma taxa de 1,0 a 4,0Hz aumenta o grau de urgência percebida. Segundo Wogalter e Vigilante (2006), a taxa de intermitência não deve ser muito alta, acima de 24Hz, por exemplo, pois produz uma aparência de luz contínua. Por outro lado, não deve ser muito lenta ao ponto do operador perder o momento quando a luz estiver acesa.

Em relação à cor das luzes, foi utilizada a cor laranja. Uma vez que a cor verde implica segurança, emergência, a vermelha significa sinal de proibição ou perigo e a azul é sinal de obrigação, a cor indicada para situações de precaução e atenção é a amarela ou a laranja ((International Organization for Standardization, 2011).

3.9.2. Avaliação do sétimo protótipo

Com a inserção dos avisos dinâmicos, procurou-se avaliar a consonância comportamental dos participantes com avisos de segurança, nas condições de baixa e alta carga cognitiva, assim como suas considerações sobre o senso de presença, usabilidade e *Cybersickness*.

Método

A mesma abordagem metodológica dos testes anteriores foi utilizada, ou seja, a consonância comportamental foi verificada através da observação do investigador e as medidas subjetivas, através de respostas a questionários (QP, QU e SSQ).

Participantes. Esta iteração realizou-se com três indivíduos que participaram voluntariamente, com idade entre 49, 55 e 58 anos. Sendo que um dos participantes abandonou a experiência ainda no ambiente de treino. Assim, o teste foi feito com dois participantes do sexo masculino, sendo um com 55 anos de idade, na condição experimental de alta carga cognitiva e o outro com 49 anos de idade, na condição experimental de baixa carga cognitiva.

Materiais. Os materiais utilizados foram os mesmos do teste anterior.

Procedimento. O participante era convidado a ir no laboratório de Ergonomia da Faculdade de Motricidade Humana. Chegando ao local era explicado o objetivo do teste, e pedido para assinar o formulário de consentimento e preencher o questionário demográfico. Em seguida iniciava a sessão de treino.

De forma similar aos testes anteriores, eram apresentados aos participantes os dispositivos de interação e assim que o participante colocava os equipamentos, dava-se início a sessão de treino. Na sessão de treino era solicitado ao participante ler os cartazes que encontrava no ambiente virtual, para verificar o aspeto da legibilidade, pois os avisos que estavam inseridos no ambiente da sessão experimental tinham as mesmas dimensões destes cartazes. Ao final da sessão, quando se declaravam à vontade com a interação, avançava-se para a leitura da narrativa e iniciava-se a sessão experimental.

Na sessão experimental, como nas sessões anteriores, o participante iniciava na sala de receção onde recebia as primeiras informações sobre o que iria se passar no ambiente virtual, assim como as primeiras tarefas. Depois, conforme executassem as tarefas recebiam novas tarefas, sucessivamente, até completar a simulação. No final, quando terminavam a sessão, o participante respondia aos questionários de presença, usabilidade e *Cybersickness*.

Resultados e Discussão

O comportamento continuou não consonante mesmo com a inserção dos avisos dinâmicos. Um dos participantes revelou que leu o primeiro aviso e esperou a queda de objetos, porém foi em frente, pois sentiu alguma segurança por estar no mundo virtual. Além disso, cumprir as tarefas era mais relevante para os participantes. No entanto, confundiam o lado

do corredor com o lado da estante quando eram solicitados a executarem tarefas em determinado corredor.

Tabela 4: Classificação do sentido de presença do 7º protótipo

Participante	QS	QI	FD	GR	NT	GI
1	5.0	4.8	3.4	6.0	4.0	5.6
2	5.4	5.0	2.4	5.5	7.0	5.4
M	5.2	4.9	2.9	5.8	5.5	5.5

Nota: QS – Qualidade sensorial; QI – Qualidade da interação; FD – Fator de distração; GR – Grau de realismo; NT – Noção do tempo; GI – Grau de imersão

Relativamente à presença, pode-se verificar na Tabela 4 que os participantes consideraram a qualidade sensorial boa, pelo que se pode inferir que conseguiram envolver os sentidos na simulação. Quanto à qualidade da interação, tiveram um pouco de dificuldade com a navegação, pois não consideraram o movimento muito natural e fluido. Os dispositivos de interação não foram considerados fatores de distração durante a experiência, apenas tinham consciência da presença do gamepad, o que pode ser justificado pela classificação da variável qualidade da interação em que não consideraram o movimento muito natural e fluido. Como esta amostra foi de dois participantes podemos ver que no que se refere ao tempo, um participante considerou que às vezes perdia a noção do tempo, enquanto o outro esteve envolvido na simulação que sempre perdia a noção do tempo. Porém ambos se julgaram imersos durante a experiência.

Tabela 5: Avaliação da usabilidade do 7º protótipo

Participante	ES	DT	CC	CE	QV	DS
1	7.0	6.0	6.0	6.0	6.0	4.0
2	7.0	7.0	7.0	5.0	5.0	4.0
M	7.0	6.5	6.5	5.5	5.5	4.0

Nota: ES – Envolvimento na simulação; DT- Divertimento nas tarefas; CC – Coerência do contexto; CE – Coerência dos estímulos; QV – Qualidade visual; DS – Duração da simulação

No que concerne à usabilidade, os dados coletados apresentam uma avaliação positiva por parte dos integrantes desta experiência (Tabela 5). Consideraram-se bastante envolvidos na simulação (ES), além de julgarem o divertimento nas tarefas (DT) muito alto. A coerência do contexto (CC), a coerência dos estímulos (CE) e a qualidade visual (QV) classificaram como muito alta. Quanto a duração da simulação (DS), avaliaram como razoável.

A Figura 36 apresenta o resultado do SSQ. Os sintomas referidos por ambos os participantes foram: mal-estar generalizado, dificuldade de manter o foco, suor, dificuldade de concentração e cabeça pesada. Todos estes classificados como leve, exceto suor, que um dos participantes classificou como moderado. Individualmente, um participante ainda citou aumento de salivação e tontura com olhos fechados, o outro participante referiu os sintomas de náusea, visão turva e tontura com olhos abertos.

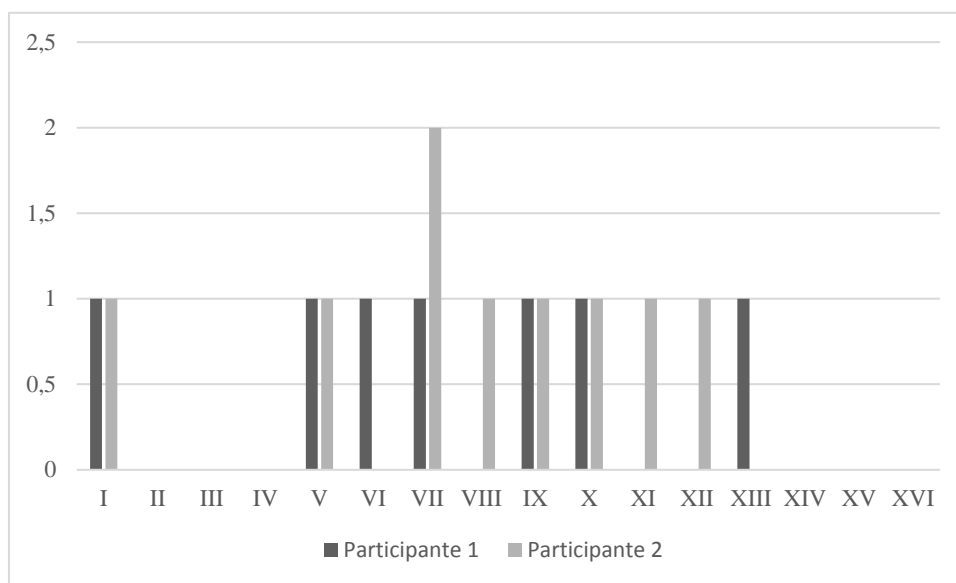


Figura 36: Gráfico do Simulator Sickness Questionnaire do 7º protótipo

Nota: O eixo X refere-se aos sintomas: I. Mal-estar generalizado; II. Cansaço; III. Dor de cabeça; IV. Vista cansada; V. Dificuldade em manter o foco; VI. Aumento de salivação; VII. Suor; VIII. Náusea; IX. Dificuldade de concentração; X. Cabeça pesada; XI. Visão turva; XII. Tontura com olhos abertos; XIII. Tontura com olhos fechados; XIV. Vertigem; XV. Desconforto abdominal; XVI. Arroto. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 0 e o máximo 3

Conclusão

Neste protótipo foram inseridos avisos dinâmicos para estimular a consonância comportamental. No entanto, os resultados mostraram que, mesmo com os novos avisos, os participantes não tiveram um comportamento consonante. Durante a interação também se percebeu que os participantes confundiam o lado do corredor com o lado da estante. Quando se pedia para que fossem ao corredor da direita, por exemplo, apenas olhavam para a estante que estava do seu lado direito. Além disso, nesta interação também relataram alguns sintomas de *Cybersickness*.

O desafio para o protótipo seguinte foi buscar soluções para os aspetos da consonância comportamental, da desorientação no ambiente virtual e da *Cybersickness*.

3.10. Desenvolvimento do oitavo protótipo

Introdução

Levando em consideração os resultados obtidos com o protótipo anterior, os objetivos a serem alcançados nesta etapa estavam relacionados ao desenvolvimento de soluções quanto aos seguintes aspectos:

- a) consonância comportamental;
- b) desorientação dos participantes em relação aos corredores;
- c) *Cybersickness*.

As soluções geradas por meio de reuniões com a equipa do ErgoVR, envolveram:

- a) modificação do conteúdo dos avisos de segurança, com informações mais explícitas. Segundo Laughery e Wogalter (2006), a explicitação da informação do conteúdo é um fator de design especialmente importante para a eficácia do aviso;
- b) identificação dos corredores por A, B e C, com a utilização placas, e reforço no discurso da narrativa no sentido de informar sobre a configuração do armazém;
- c) investigação sobre a pré-existência de sintomas de *Cybersickness* antes da simulação. Para isso, o questionário para a avaliação dos sintomas de *Cybersickness* passou a ser aplicado antes e depois da sessão experimental para verificar se as alterações eram provocadas pela simulação. Kennedy e colegas (1993) recomendam que o SSQ seja administrado logo após a simulação, mas não antes. Sugerem que a aplicação antes da simulação pode elevar o número de relato de sintomas de *Cybersickness*. No entanto, alguns autores relatam não haver evidências de que a administração do questionário antes da simulação eleve os índices dos sintomas (Ames, Wolffsohn, e McBrien, 2005; Nichols et al., 2000; Peli, 1998; Sharples et al., 2008; Young, Adelstein, e Ellis, 2007).

3.10.1. Modelação do ambiente 3D

As alterações feitas nos avisos de segurança foram aplicadas ao conteúdo das mensagens, nomeadamente às instruções sobre como evitar o perigo. Possivelmente, as instruções nos avisos dos protótipos anteriores não eram muito explícitas, no sentido de indicar claramente qual a atitude que o participante deveria tomar para evitar o perigo. Assim, as novas instruções estabeleciam uma alternativa ao participante onde, além de preservar-se da situação de risco, poderia completar a tarefa designada. Por exemplo, como pode-se ver na Figura 37, a instrução “não passe” pode deixar o participante confuso pois tem de executar a tarefa solicitada, no entanto o aviso diz para não ir além daquele ponto. Já a Figura 38 apresenta o aviso modificado, com a opção de um caminho alternativo para a execução da tarefa. Fornecia também uma oportunidade de o investigador observar se o participante seguia as instruções e tinha o comportamento consonante com o aviso de segurança.

Relativamente à identificação dos corredores, neste protótipo os corredores passaram a ser identificados por letras: A, B e C, como pode ser observado na Figura 39. O corredor A correspondia ao corredor situado do lado esquerdo, o B era corredor central e o corredor C correspondia ao situado no lado direito do armazém. As peças de identificação foram posicionadas no início de cada corredor, em modo de fixação bandeira, a uma altura de 2,50m acima do chão.

De acordo com Calori e Vanden-Eynden (2007), a instalação dessas peças devem estar num ângulo de 10° a 15° acima ou abaixo da linha horizontal a partir da altura do olho do utilizador. Relativamente às especificações das peças, a dimensão era 0,40 X 0,50m, foi utilizada a fonte AvantGarde com 0,45m de altura na cor preta em fundo branco. Estes requisitos foram definidos em função da distância para garantir a efetiva visibilidade e legibilidade da informação pelo utilizador.



Figura 37: Aviso dos protótipos anteriores



Figura 38: Aviso com as novas informações



Figura 39: Identificação dos corredores por letras

3.10.2. Desenvolvimento da narrativa

A mudança na narrativa foi relativamente ao momento em que o participante estava no ambiente virtual, já na simulação. Depois de receber as primeiras instruções, o chefe solicitava ao participante a ir para o primeiro armazém. Neste armazém ocorria uma explicação sobre a configuração dos armazéns:

- *Agora pare aí que eu vou lhe explicar a configuração dos armazéns.*
- *Está a ver que existem 3 corredores. Este que está a sua frente é o corredor B. agora, à sua esquerda, tem o corredor A. consegue ver? É em cima à esquerda.*

- *Agora olhe aí para sua direita. Este é o corredor C. Todos os armazéns são iguais a este. São 3 corredores que estão divididos em 2 partes. O início do corredor, como vê, é a primeira parte, e a outra parte é a continuação do corredor. Já agora, siga ali pelo corredor A.*
- *Esta aqui é a primeira parte do corredor A. Agora vire à direita e continue ali pelo corredor B.*
- *Esta aqui é a segunda parte do corredor B.*
- *Olhe, mais uma vez, só para se lembrar: todos os armazéns são iguais a este, certo? Então agora preciso que você siga até o próximo armazém.*

3.10.3. Avaliação do oitavo protótipo

Os objetivos desta avaliação foi, além de verificar a consonância comportamental com os avisos de segurança dinâmicos, examinar os aspetos de *Cybersickness*, com o questionário sendo aplicado antes e após a simulação. Esperava-se também obter a percepção da presença e usabilidade através das respostas aos questionários QP e QU. A condição experimental em avaliação foi de baixa carga cognitiva com avisos dinâmicos.

Método

A consonância comportamental foi verificada através da observação do investigador e os indícios de *Cybersickness* obtidos pela resposta ao questionário SSQ.

Participantes. Dez participantes colaboraram de forma voluntária neste teste, porém dois participantes abandonaram a experiência, um deles abandonou logo no momento em que colocou os equipamentos. Julgou os equipamentos pesados. Dos 8 que participaram 5 eram do género sexual masculino e 3 do feminino. As idades variavam entre os 22 e os 53 anos, com uma média de 34.1 anos. A Tabela 6 apresenta os participantes por idade e género.

Materiais. Os materiais utilizados para este teste foram os mesmos utilizados anteriormente.

Tabela 6: Idade e gênero dos participantes do teste do 8º protótipo

Participante	Idade	Gênero
1	35	F
2	31	M
3	22	F
4	31	F
5	31	M
6	40	M
7	53	M
8	30	M

Procedimento. De maneira similar aos testes anteriores, iniciava-se com a explicação do objetivo do teste e o pedido para leitura e a assinatura do formulário de consentimento e o preenchimento do questionário demográfico. No entanto, desta vez era solicitado ao participante para responder ao questionário SSQ antes de iniciar a sessão de treino.

Na sessão de treino, primeiramente eram apresentados aos participantes os dispositivos de interação, em seguida o participante colocava os equipamentos e dava-se início à sessão de treino. Durante a navegação neste ambiente virtual era solicitado ao participante ler os cartazes que encontrava, no sentido de verificar a legibilidade, como nos testes anteriores. Assim que se sentiam à vontade com a interação, seguia-se com a leitura da narrativa e iniciava-se a sessão experimental.

A sessão experimental, como nas sessões anteriores, iniciava na sala de recepção onde o participante recebia as primeiras informações e a primeira tarefa, que era ir ao armazém 1. Ao chegar a este armazém o chefe explicava que os armazéns tinham três corredores e que cada corredor era identificado por uma letra. Em seguida pedia para o participante executar uma tarefa no armazém seguinte e assim sucessivamente em todos os armazéns até completar a simulação. Ao final da sessão, o participante respondia novamente ao questionário SSQ e aos demais questionários citados anteriormente.

Resultados e Discussão

Antes de apresentar os resultados é preciso esclarecer que três participantes tiveram dificuldades em responder aos questionários de presença e usabilidade. Optou-se então por não incluir neste teste os resultados da avaliação de presença e usabilidade. A Tabela 7 apresenta os resultados referentes à consonância comportamental.

Tabela 7: Consonância comportamental com avisos dinâmicos do 8º protótipo

	Comportamento consonante	Comportamento não consonante	Total
Aviso 1	25%	75%	100%
Aviso 2	25%	75%	100%
Aviso 3	25%	75%	100%
Aviso 4	13%	87%	100%

Apesar das modificações realizadas nos avisos, os participantes continuaram a não cumprir com os avisos. Alguns participantes reconheciam que haviam visto os avisos, porém não tinham lido.

O resultado do SSQ pode ser visto na Figura 40: Comparação dos sintomas antes e depois da sessão experimental. Com a aplicação do questionário nos dois momentos, é possível verificar que os participantes já apresentavam alguns sintomas antes de começarem a sessão experimental.

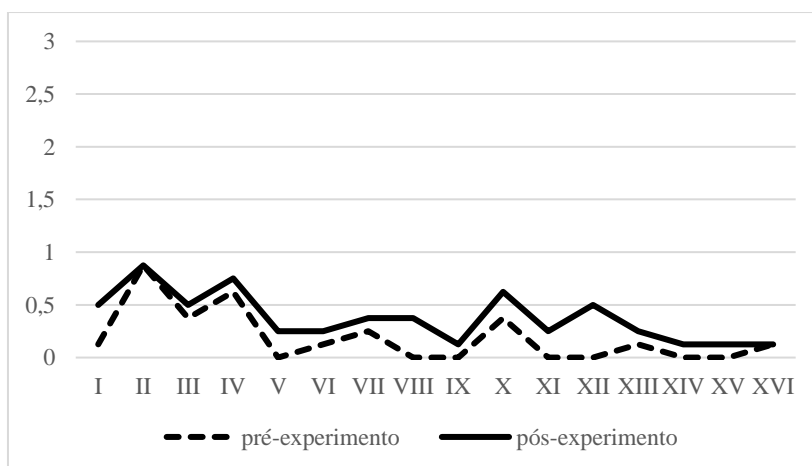


Figura 40: Comparação dos sintomas antes e depois da sessão experimental

Nota: O eixo X refere-se aos sintomas: I. Mal-estar generalizado; II. Cansaço; III. Dor de cabeça; IV. Vista cansada; V. Dificuldade em manter o foco; VI. Aumento de salivação; VII. Suor; VIII. Náusea; IX. Dificuldade de concentração; X. Cabeça pesada; XI. Visão turva; XII. Tontura com olhos abertos; XIII.

Tontura com olhos fechados; XIV. Vertigem; XV. Desconforto abdominal; XVI. Arroto. O eixo Y refere-se aos escores onde o mínimo era 0 e o máximo 3

Os dados mostram que os participantes já iniciavam a simulação sentindo-se cansados, e que ao final do teste, este sintoma não se havia tornado mais grave. Outros sintomas referidos antes da simulação foram: dor de cabeça, vista cansada, suor, cabeça pesada, tontura com olhos fechados. Apesar de ser perceptível que a simulação provoca um aumento na ocorrência de *Cybersickness*, estes sintomas referidos após o teste não foram classificados como graves.

Conclusão

Esta avaliação teve como um dos objetivos verificar a consonância comportamental com avisos de segurança dinâmicos em situação de baixa carga cognitiva. Os resultados, de maioria não consonante, revelaram que ainda seriam necessárias mudanças. A solução proposta pela equipa do ErgoVR era fazer uma modificação no ambiente de treino, onde seriam colocados placares que dariam instruções aos participantes e estes receberiam *feedback* conforme o comportamento. A estratégia seria estimular o participante a ler e cumprir os avisos no ambiente da simulação. Outra modificação que deveria ser feita era nas primeiras instruções, já dentro do ambiente virtual, onde o locutor reforçaria que o cumprimento das regras de segurança era um aspeto muito importante para a empresa.

Capítulo 4

Protótipo Final

Este capítulo está dividido em duas partes onde a primeira apresenta o desenvolvimento do protótipo final, com as modificações definitivas e a segunda, o procedimento geral da experiência.

4.1. Desenvolvimento do Protótipo

O objetivo do desenvolvimento deste protótipo foi aplicar a solução sugerida pela equipa do ErgoVR, como forma de estimular os participantes a adotarem um comportamento de consonância com os avisos de segurança. Ou seja, desenvolver um ambiente de treino com a mesma configuração do ambiente da simulação, com a utilização de placares com instruções para incentivar a aprendizagem e onde os participantes pudessem ter um *feedback* de acordo com o seu comportamento.

Relativamente à narrativa, o objetivo foi reforçar as instruções sobre o cumprimento das regras de segurança da empresa, quando o participante já estivesse a interagir no ambiente da simulação.

4.1.1. Modelação do ambiente 3D

Ambiente de treino

O ambiente de treino era constituído de uma sala de receção e duas salas de armazenamento. Na receção foi colocado um placar com instruções sobre o manuseio do dispositivo de navegação no ambiente virtual (Figura 41). Foram adicionados mais seis placares, ao longo dos armazéns, com instruções de direções a serem seguidas pelos participantes (Figura 42). Foi utilizado um *script*, ativado por um *trigger*, que fazia surgir à frente do participante um placar onde era exibida uma mensagem com um *feedback* consoante o seu comportamento (Figura 43). Na Figura 44 é possível observar a localização dos placares.



Figura 41: Placar inserido no início da sessão de treino



Figura 42: Sequência dos placares



Figura 43: Feedbacks positivo e negativo

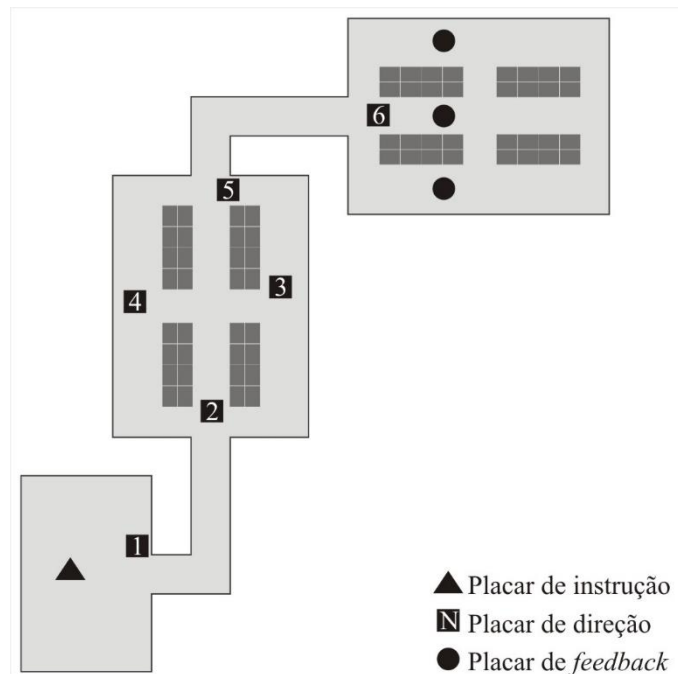


Figura 44: Planta de localização dos placares

Ambiente de simulação

As figuras a seguir apresentam as várias cenas do ambiente de simulação. A recepção, onde o participante recebia as informações gerais sobre a simulação e os quatro módulos com as situações de risco e seus respectivos avisos de segurança, e um módulo denominado de neutro, onde não havia situação de risco (Figura 45 aFigura 49).



Figura 45: Recepção - início da experiência



Figura 46: Armazém com situação de risco de queda de objetos



Figura 47: Armazém com situação de perigo identificado: piso molhado



Figura 48: Armazém com situação de perigo de trânsito de empilhadora



Figura 49: Armazém com situação de perigo de substâncias tóxicas



Figura 50: Armazém com situação neutra

Os avisos

A escolha dos avisos que foram utilizados neste estudo (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**) levou em consideração os riscos comuns encontrados em armazéns e a possibilidade de serem implantados no ambiente virtual desenvolvido. A principal condição era que os avisos deveriam conter informações que orientassem o participante a ter um comportamento seguro. A partir do seu comportamento seria possível confirmar se o participante viu, leu e cumpriu o aviso.



Figura 51: Avisos baseados nas normas ANSI utilizados neste estudo

Especificações dos avisos ANSI

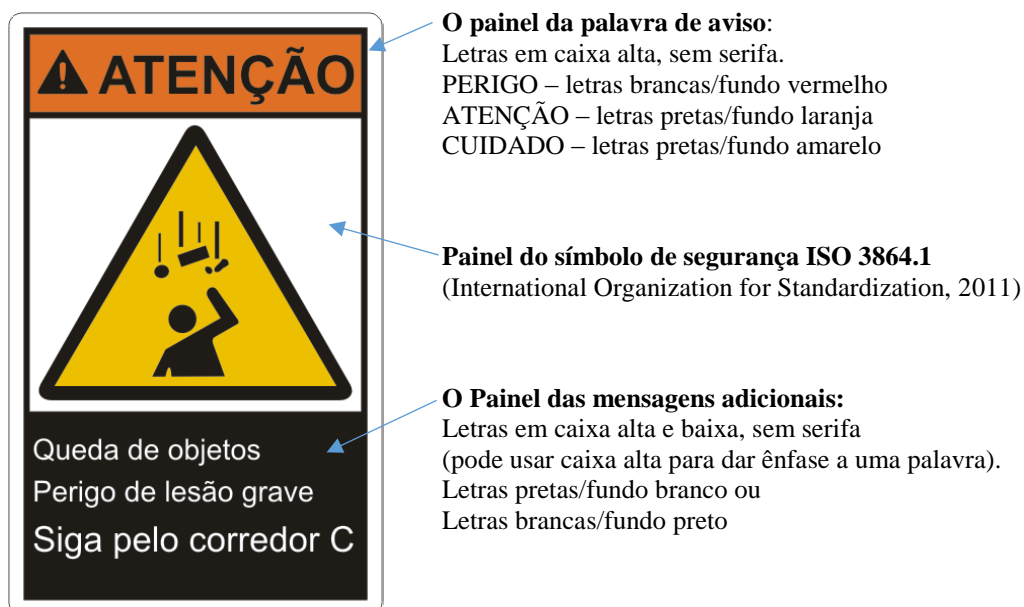


Figura 52: Especificações do aviso ANSI

A norma ANSI Z535.2 (American National Standards Institute, 2011) foi elaborada para fornecer um sistema de sinalização visual para auxiliar na identificação de perigos ou potenciais situações perigosas que existam no ambiente. De acordo com esta norma, às vezes, as ações necessárias para se evitar o perigo ou a situação perigosa não são tão óbvias mesmo com a presença de um sinal. Assim, nestas situações é fundamental a utilização de mensagens adicionais e símbolos de segurança para fornecer estas informações.

As especificações fornecidas para a elaboração de um aviso de segurança ANSI são descritas a seguir. A área do aviso deve ter uma cor de fundo distinta das áreas adjacentes do sinal ou delineada por uma linha, borda ou espaço em branco. Deve conter três painéis (Figura 52) que incluam uma palavra de aviso, um símbolo de segurança e mensagens adicionais.

Assim, com base na norma acima citada, utilizou-se a fonte Arial, com 6,3cm (250pt) de altura para o painel da palavra de aviso e com 3,5cm (137pt) e 4,3cm (166pt) para o painel das mensagens adicionais. Estes valores são legíveis a uma distância de aproximadamente 9, 4 e 6m respectivamente, de acordo com esta norma.

Quanto ao painel que contém a palavra de aviso, deve ter a distinção de cores de acordo com a gravidade da situação que se está a sinalizar. A especificação das cores está descrita na Tabela abaixo.

Tabela 8: Especificação das cores segundo as normas ANSI Z535.1 (2011)

COR	PALAVRA	ANSI Z535.1-2011	MUNSELL	RGB
Vermelho	PERIGO	<i>Safety Red</i>	7.5R – 4.0/14	188/32/36
Laranja	ATENÇÃO	<i>Safety Orange</i>	5.0YR – 6.0/15	229/118/0
Amarelo	CUIDADO	<i>Safety Yellow</i>	5.0Y – 8.0/12	238/197/0

4.1.2. Desenvolvimento da narrativa

Uma boa história é um elemento importante para tornar uma experiência em RV mais poderosa. A narrativa atua na imaginação do participante fazendo com que se sinta motivado a desempenhar determinadas atividades e que se comporte, nesse mundo imaginário, de modo correspondente ao seu comportamento no mundo real.

Para este estudo em particular a narrativa referenciou as questões do desemprego e o surgimento de uma vaga de trabalho, a possibilidade de conseguir o emprego a depender do desempenho nas tarefas e do cumprimento da sinalização de segurança. Sendo assim, e considerando o resultado dos testes anteriores, as alterações efetuadas na narrativa foram no sentido de enfatizar o respeito às regras de segurança da empresa como critério para conseguir a vaga de emprego.

A sequência da narrativa é apresentada abaixo:

- *Olá eu sou o Tiago Pinto, mas infelizmente não posso estar aí consigo para o receber pessoalmente. É que hoje um colega adoeceu e tenho de o substituir no centro de controlo da farmacêutica. Como já sabe, estamos à procura de alguém para preencher uma vaga no armazém, e também como temos alguma urgência decidi agendar para hoje os testes aos vários candidatos a essa mesma vaga. Peço-lhe agora que tenha muita atenção e fixe bem o que lhe vou dizer porque isto é mesmo muito importante. Os critérios para a seleção do candidato têm então dois aspetos: primeiro critério, executar com eficácia as tarefas que lhe vou pedir a seguir; segundo critério, respeitar a informação de segurança que vai estar colocada dentro dos armazéns. E olhe que a segurança é um fator muito... muito importante para nós. Tenha toda a atenção. Vou usar o sistema de som e vigilância aí dos armazéns para falar consigo. Estamos a processar um pedido de um hospital e precisamos verificar se temos medicamentos suficientes para a entrega.*
- *Olhe, agora vá pelo corredor em frente, eu vou passar as instruções entretanto relativas as suas tarefas.*
- *Percebeu? Pode responder que eu consigo ouvi-lo.*
- *Dirija-se ao armazém 1, por favor.*
- *Agora pare aí que eu vou lhe explicar a configuração dos armazéns.*
- *Está a ver que existem 3 corredores. Este que está a sua frente é o corredor B. agora, à sua esquerda, tem o corredor A. consegue ver? É em cima à esquerda.*
- *Agora olhe aí prá sua direita. Esse é o corredor C. todos os armazéns são iguais a este. São 3 corredores que estão divididos em 2 partes. O início do corredor, como*

- vê, é a primeira parte, e a outra parte é a continuação do corredor. Já agora, siga ali pelo corredor A.*
- *Esta aqui é a primeira parte do corredor A. Agora vire à direita e continue ali pelo corredor B.*
 - *Esta aqui é a segunda parte do corredor B.*
 - *Olhe, mais uma vez, só prá se lembrar: todos os armazéns são iguais a este, certo? Então agora preciso que você siga até o próximo armazém.*
 - *Vá até ao final ali do corredor B.*
 - *(BCC) Vou precisar de algumas informações sobre si. Diga-me então o seu nome completo, por favor.*
 - *(ACC) Olhe, como você está em avaliação vou fazer um teste de subtração consigo, pode ser? E preciso que você responda, mas que não pare que continue a fazer a tarefa.*
 - *(ACC) Diminua de dois em dois começando por quinze.*
 - *Ok. Diga-me, vê aí caixas azuis com cinco unidades?*
 - *Obrigado. Agora vá até o próximo armazém.*
 - *Olhe, siga até o corredor C.*
 - *(BCC) Agora diga-me qual é sua data de nascimento.*
 - *(ACC) Diminua agora de dois em dois começando por vinte.*
 - *Obrigado. Quais são as cores das caixas que estão neste corredor?*
 - *Ok. Então agora continue para o próximo armazém.*
 - *Olhe, vá até o final do corredor A.*
 - *(BCC) Olhe, já agora, diga-me a sua morada.*
 - *(ACC) Diminua de dois em dois começando por 21.*
 - *OK. Olhe, diga-me uma coisa, há uma caixa amarela com quinze unidades?*
 - *Muito bem. Agora vá até o armazém seguinte.*

- *Olhe, siga até o final ali do corredor B.*
- *(BCC) Olhe, sabe o código postal de sua morada? Diga-me aí, por favor.*
- *(ACC) Agora diminua de dois em dois começando por 35.*
- *Obrigado. Conte quantas caixas vermelhas existem na última estante, por favor.*
- *Ok. Então siga aí para o próximo armazém.*
- *Olhe, siga até o final ali do corredor B.*
- *Portanto, agora vai ver o que está dentro ali daquela caixa que está aberta.*
- *(BCC) Ainda preciso aí de mais informações sobre si. Diga-me seu estado civil.*
- *(ACC) Diminua agora de dois em dois começando por 101.*
- *Ok. Obrigado. Vá agora, por favor, ao próximo armazém.*
- *Vá mesmo até o fim do corredor A.*
- *Quantas unidades tem esta caixa amarela?*
- *Muito bem, obrigado. Agora continue até o último armazém, armazém oito.*
- *(BCC) Ok, obrigado. Quais são as suas habilitações.*
- *(ACC) Agora diminua outra vez de dois em dois mas começando por 51.*
- *OK. Olhe, diga-me uma coisa, há uma caixa amarela com quinze unidades?*
- *E pronto, seu teste terminou, está de parabéns e... entraremos em contacto consigo na próxima semana para saber se conseguiu o emprego, tá bem? Muito obrigado.*

4.2. Procedimento geral

A sessão experimental foi dividida em três partes: (1) sessão de treinamento; (2) sessão de simulação na RV e (3) resposta a questionários. O tempo médio total do procedimento foi de 30 minutos.

4.2.1. Condições experimentais

Para avaliar a consonância comportamental com os avisos de segurança, foram consideradas três situações. Uma situação de dupla tarefa onde havia o incremento da carga cognitiva, uma situação de dupla tarefa onde a carga cognitiva era baixa e ainda uma situação denominada de “carga cognitiva neutra”, onde não havia dupla tarefa.

4.2.2. Variáveis

Variáveis independentes

- **Carga cognitiva em dupla tarefa:** alta, baixa ou neutra. A alta carga cognitiva era manipulada através de uma tarefa de subtração aritmética, a tarefa para a baixa carga cognitiva eram perguntas pessoais, como nome e data de nascimento, e o que se denominou “carga cognitiva neutra”, na verdade, era a ausência de uma segunda tarefa.
- **Tipo de aviso:** aviso de base tecnológica (aviso dinâmico). Apenas este aviso foi utilizado uma vez que os testes anteriores mostraram que os participantes não apresentavam o comportamento consonante com os avisos tradicionais estáticos.

Variáveis dependentes

- **Consonância comportamental:** foi a principal medida deste estudo, sendo observada em quatro momentos durante a sessão experimental.
- **Outras medidas:** de forma adicional, também foi possível obter outras medidas como, por exemplo, o tempo de simulação em relação ao gênero e as medidas subjetivas relacionadas à sensação de presença e o nível de *Cybersickness*.

4.2.3. Constituição da amostra

Este estudo contou com a participação voluntária de 45 indivíduos. Foram 22 homens e 23 mulheres entre 17 e 58 anos ($M = 29$ / $DP = 10.8$). Cinco participantes (11%) abandonaram a experiência devido a *Cybersickness*, dois homens e três mulheres. Assim a amostra contou com 20 homens e 20 mulheres com idade entre os 17 aos 47 anos ($M = 27.7$; $DP = 9.6$). O nível de escolaridade variou entre o curso preparatório e o doutoramento completo (Figura 53). Foram excluídos os participantes que pudessem apresentar vertigem ou condições como doença cardíaca, depressão ou gravidez.

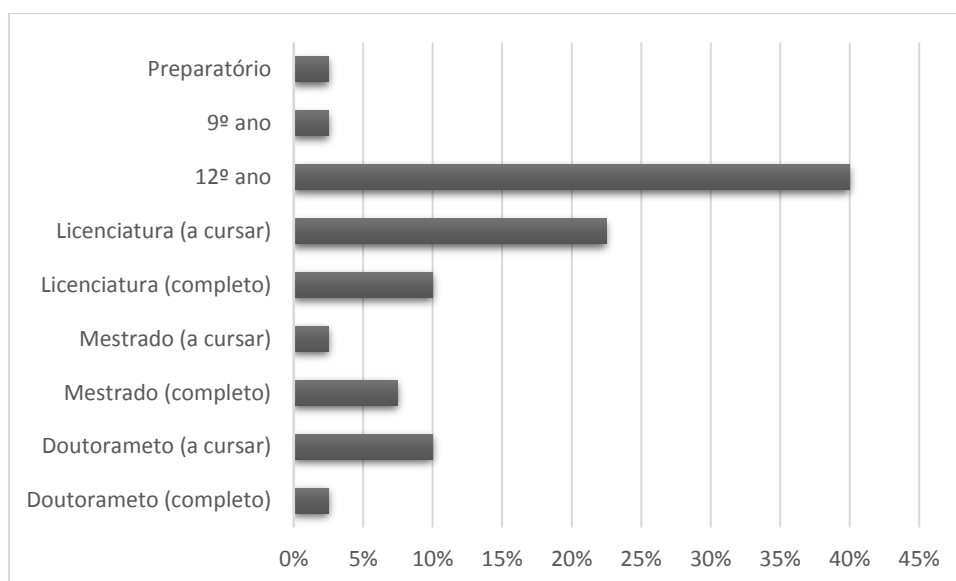


Figura 53: Nível de escolaridade dos participantes

4.2.4. Materiais

Os testes com o protótipo final também foram realizados em um computador com processador Intel^R CoreTMi7 - 4790K, 8 GB, placa de vídeo NVIDIA GeForce GTX 980. A interação com o ambiente virtual foi realizada usando um *gamepad* Giotech VX2 (Figura 54), um HMD, modelo DK^{II} OCULUS (display OLED, resolução 960 x 1080, 100º campo de visão) (Figura 55) e fones sem fio PHILIPS, modelo SHC5102 / 10 (Figura 56).



*Figura 54: Gamepad
Giotech*



Figura 55: HMD Oculus DK2



Figura 56: Fones Philips

4.2.5. Procedimento

A sessão experimental começava com uma breve explicação sobre a experiência, e logo depois os participantes assinavam o formulário de consentimento, preenchiam o

questionário demográfico e o SSQ. Não era dito o real objetivo do estudo, apenas que era uma avaliação de um ambiente virtual para um futuro estudo do comportamento humano. Em seguida, o investigador pedia para o participante sentar-se em frente ao computador, apresentava os dispositivos de interação a serem usados e iniciava a sessão de treinamento.

4.2.5.1. Sessão de treinamento

O objetivo desta sessão de treinamento foi levar os participantes a conhecer a configuração do ambiente e permitir que eles praticassem o uso dos dispositivos de navegação e manipulação.

Antes de o participante colocar os dispositivos de interação para a sessão de treino, ensinavam-se os comandos para a navegação no ambiente virtual e referia-se a necessidade de girar a cadeira na direção que se pretendia seguir.

O treino consistia em se deslocar no ambiente virtual, ler todos os placares que encontrava e seguir as orientações escritas até chegar ao placar que apresentava o *feedback* de acordo com o seu comportamento. Vale salientar que todos os participantes obtiveram o *feedback* positivo. A sessão de treinamento durava, no máximo, 4 minutos.

4.2.5.2. Sessão experimental

Depois do treino, e se o participante se declarasse apto, dava-se início à sessão experimental. Era dito, nesta altura, que a experiência poderia ser interrompida a qualquer momento.

A experiência consistia em o participante se deslocar no ambiente virtual e realizar tarefas de procura (tarefa principal) e, consoante a condição experimental, responder a perguntas pessoais ou fazer subtrações aritméticas (segunda tarefa), ou ainda, não haver segunda tarefa. Antes da interação, no entanto, o participante deveria ler a narrativa, uma história para contextualizar o que viria a acontecer no ambiente virtual. Era atribuída uma das condições experimentais de forma aleatória e iniciava-se a simulação.

A simulação tinha início na receção onde o participante recebia a informação de que a pessoa responsável pelo teste não poderia estar presente e iria lhe passar as tarefas pelo sistema de som dos armazéns e advertia que os critérios para conseguir o emprego era a eficaz execução das tarefas e o respeito às informações de segurança.

No primeiro armazém o participante recebia uma explicação acerca da configuração dos armazéns e na sequência era-lhe dada a tarefa que deveria executar no armazém seguinte. Quando o participante terminava de executar a tarefa recebia um *feedback*. Era-lhe, então, transmitida outra tarefa para ser executada no armazém seguinte e assim sucessivamente até chegar ao último armazém. Ao final da sessão, o participante respondia aos questionários citados.

4.2.5.3. Questionário de Presença I

Este questionário foi baseado no questionário de presença de Witmer e Singer (1998) e Duarte e colegas (2013) e adaptado ao presente estudo. O questionário (Tabela 9) era composto por grupos de questões relativas a fatores de controlo (FC), sensoriais (FS), distração (FD) e realismo (FR). O participante classificava sua resposta em uma escala de 7 pontos do tipo Lickert.

Tabela 9: Questões do questionário de presença I

Questões	
1. Qual o grau de naturalidade de navegação, no mundo virtual, oferecido pelo dispositivo (gamepad) usado? (até que ponto achou o seu movimento natural e fluído)?	FC
2. Com que velocidade conseguiu adaptar-se à experiência de realidade virtual?	FC
3. Como classifica a sua habilidade em navegar/interagir no mundo virtual, no final da simulação?	FC
4. Como classifica o seu grau de envolvimento na simulação?	FC
5. Como classifica a coerência do contexto (pequena história no início) face à simulação?	FC
6. Como classifica o envolvimento de todos os seus sentidos na simulação?	FS
7. Até que ponto os aspetos visuais do ambiente virtual cativaram a sua atenção?	FS
8. Até que ponto conseguiu ler as informações presentes no ambiente virtual?	FS
9. Até que ponto os aspetos sonoros do ambiente virtual cativaram a sua atenção?	FS

Tabela 9: Questões do questionário de presença I (continuação)

Questões		
10.	Até que ponto a voz da personagem virtual pareceu natural?	FS
11.	Até que ponto os estímulos visuais e auditivos do ambiente virtual fizeram-lhe sentido e eram coerentes com o tipo de ambiente representado (armazém de medicamentos)?	FS
12.	Até que ponto teve consciência da presença dos óculos durante a simulação?	FD
13.	Até que ponto teve consciência da presença do dispositivo de controlo (joystick/gamepad) durante a simulação?	FD
14.	Até que ponto o dispositivo de controlo causou distração?	FD
15.	Até que ponto conseguiu concentrar-se nas tarefas que lhe foram pedidas, em vez de se concentrar nos dispositivos de interação (óculos e joystick/gamepad)?	FD
16.	Até que ponto a qualidade da imagem do mundo virtual interferiu (negativamente) no desempenho das tarefas pedidas?	FD
17.	Até que ponto teve consciência do que se estava a passar em seu redor, no mundo real, durante a simulação?	FD
18.	Qual o grau de realismo que atribui à simulação que acabou de experienciar?	FD
19.	Até que ponto considera a sua experiência (comportamento) no mundo virtual coerente com a sua experiência (comportamento) no mundo real?	FR
20.	Esteve envolvido na simulação ao ponto de perder a noção do tempo?	NT

4.2.5.4. Questionário de Presença II

O segundo questionário (Tabela 10) utilizado no presente estudo foi adaptado de um questionário desenvolvido por Slater, Usoh e Steed – SUS (Usoh et al., 2000). Neste questionário era apresentada uma afirmação e o participante respondia se concordava ou não em uma escala de 1 a 7, onde 1 significava discordo totalmente e 7 significava concordo totalmente.

Tabela 10: Questões do questionário de presença II

Afirmação	
1. Senti que estar no ambiente virtual é comparável a estar num ambiente real	QP2
2. O meu corpo estava no ambiente real, mas a minha mente estava no ambiente virtual.	QP2
3. Durante a simulação eu senti que estava presente dentro do mundo virtual.	QP2
4. Consigo recordar-me do ambiente virtual como se estivesse estado lá e não como se fosse uma fotografia que eu tivesse observado.	QP2
5. Ao interagir com a personagem virtual senti-me interagindo com uma pessoa real.	QP2

Capítulo 5

Resultados e Discussão

Neste capítulo serão apresentados e discutidos, em primeiro lugar, os resultados referentes ao desenvolvimento do ambiente virtual, obtidos através de medidas subjetivas e em seguida os resultados da consonância comportamental, obtidos através de medidas objetivas.

5.1. Avaliação do ambiente virtual e narrativa

O objetivo deste estudo foi avaliar se a carga cognitiva decorrente da dupla tarefa influenciava a consonância comportamental com avisos de segurança. No entanto, foi necessário desenvolver uma ferramenta para este propósito, o simulador em realidade virtual com uma narrativa associada, e avaliar a sua viabilidade para este estudo. Neste sentido, foi utilizada a avaliação subjetiva (questionários) como meio efetivo de avaliar a presença neste ambiente virtual. De acordo com Witmer e Singer (1998), a eficácia de ambientes virtuais está ligada ao senso de presença reportado pelos utilizadores. Altos níveis de presença influenciam os participantes a se comportarem de maneira similar ao seu comportamento no mundo real, sendo um elemento muito importante para pesquisas sobre consonância comportamental com avisos de segurança.

5.1.1. Resultados

A estatística descritiva das medidas subjetivas, referente às condições experimentais de carga cognitiva neutra, baixa e alta, é apresentada na tabela abaixo.

Tabela 11: Estatística descritiva (Mediana e desvio padrão) das medidas subjetivas relacionadas à sensação de presença por condição experimental (CCN, CCB, CCA)

	Condições experimentais			
	C. C. Neutra	C. C. Baixa	C. C. Alta	Total
FC	6.00 (0.90)	6.20 (1.00)	6.00 (0.80)	6.00 (0.95)
FS	5.58 (1.58)	6.00 (1.50)	6.00 (1.17)	5.92 (1.34)
FD*	2.83 (1.83)	2.67 (1.50)	3.50 (1.33)	3.17 (1.41)
FR	5.00 (2.25)	6.00 (0.50)	6.00 (1.00)	6.00 (1.50)
NT	5.00 (2.50)	6.00 (2.00)	5.00 (5.00)	5.00 (2.75)
QP2	5.40 (1.80)	6.20 (1.00)	6.00 (1.60)	5.80 (1.55)

*Nota: FC – Fatores de Controle; FS – Fatores Sensoriais; *FD – Fatores de distração - os valores mais baixos são melhores; FR – Fatores de Realismo; NT – Noção do tempo; QP2 – Questionário de Presença 2*

Os valores totais das medianas, ilustrados na tabela 11, relativamente à presença, variaram entre 5.00 e 6.00, em que o valor 7.00 indicava o maior nível de presença. O teste estatístico não paramétrico, para vários grupos independentes (Kruskal Wallis), revelou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os valores médios em nenhuma das escalas de controle ($p > 0.05$).

Estes resultados são compatíveis com Duarte e colegas (2013), onde os participantes experimentaram um senso de presença alto em todas as condições experimentais. A Tabela 12 apresenta a comparação dos nossos resultados (Questionário de Presença I) com os resultados de Duarte e colegas (2013) na condição do uso de avisos dinâmicos.

Tabela 12: Níveis de presença obtidos por variável de controlo (foram considerados os valores médios totais)

	Duarte e colegas (2013) / Almeida	
FC	4.88 (0.91)	6.00 (0.95)
FS	5.50 (0.92)	5.92 (1.34)
FD*	3.00 (1.13)	3.17 (1.25)
FR	3.50 (1.75)	6.00 (1.00)
NT	5.00 (2.50)	5.00 (2.75)

*Nota: FC – Fatores de Controlo; FS – Fatores Sensoriais; *FD – Fatores de distração - os valores mais baixos são melhores; FR – Fatores de Realismo; NT – Noção do tempo*

Os resultados revelam valores mais altos para os fatores de controle, fatores sensoriais e fatores de realismo e valores iguais para noção de tempo. O fator de distração teve um valor mais alto, no entanto, valores mais baixos são melhores.

5.2. Consonância comportamental

Uma vez que a nossa variável de estudo principal foi a consonância comportamental com avisos de segurança em situação de elevada carga cognitiva, decorrente de dupla tarefa, percebemos que nem sempre os participantes estavam em dupla tarefa. Entendeu-se, dessa forma, olhar para todas as observações de forma independente.

Houve um total de 160 observações realizadas, sendo que 113 observações (70,6%) foram consideradas válidas e 47 (29,4%) foram invalidadas. Estas observações eram invalidadas quando os participantes deixavam de estar na condição experimental em avaliação. Isto ocorreu na condição de elevada carga cognitiva, pois os participantes, devido à complexidade da execução simultânea das tarefas, paravam a execução da tarefa secundária para poder realizar a tarefa principal. Neste caso, deixavam de estar em condição de alta carga cognitiva, pelo que se decidiu invalidar estas observações.

Como resultado pode-se destacar que em termos globais, das 113 observações válidas, em 73% dos casos houve consonância com os avisos de segurança de base tecnológica

(dinâmicos). Quando se olha para a consonância comportamental em função da carga cognitiva verifica-se que na condição onde não há a dupla tarefa (condição neutra), 77,1% das observações foram de consonância com os avisos, na condição de baixa carga cognitiva, 90,7% foram consonantes, porém na condição de elevada carga cognitiva a percentagem baixou para os 45,7%. O gráfico a seguir ilustra estes números.

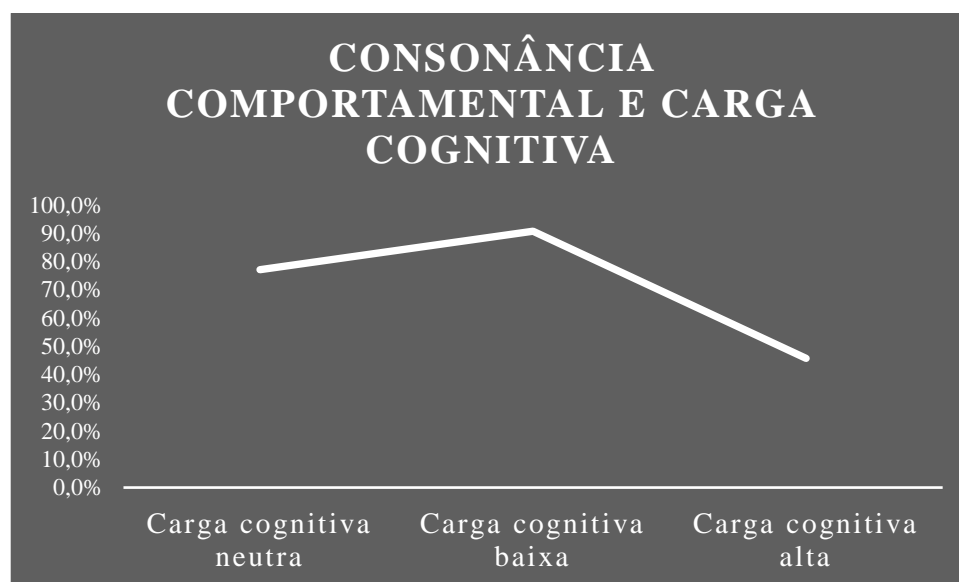


Figura 57: Consonância comportamental em carga cognitiva alta, baixa e neutra

É possível verificar que da condição neutra para a baixa há uma melhoria do desempenho em termos de consonância. Já quando passamos para a carga cognitiva elevada há uma grande perda de desempenho.

Estes resultados são compatíveis com o modelo que relaciona o nível de ativação com o desempenho (modelo de Yerkes Dodson (Figura 58)). Assim, justifica-se que haja uma subida de desempenho da situação neutra, em que a ativação é menor, para a baixa. Provavelmente a situação de carga cognitiva baixa provoca um nível de ativação suficiente para tornar o participante mais atento e em consequência o nível de consonância comportamental é mais elevado. Também é clara a perda de desempenho na condição de carga cognitiva elevada, pois a ativação poderá ser tão alta que os recursos cognitivos poderão não ser suficientes para lidar com as duas tarefas em simultâneo e, portanto, já estamos na parte descendente da curva de Yerkes Dodson caracterizada pelo conhecido efeito de túnel, onde se perde desempenho na área da visão periférica ou se perde na capacidade de desempenhar as tarefas em simultâneo. No presente caso, quer a baixa dimensão amostral (pelo facto de muitas das observações terem sido invalidadas), quer o

baixo nível de consonância obtido (provavelmente porque não viram os avisos ou não os processaram), dão suporte a este modelo.

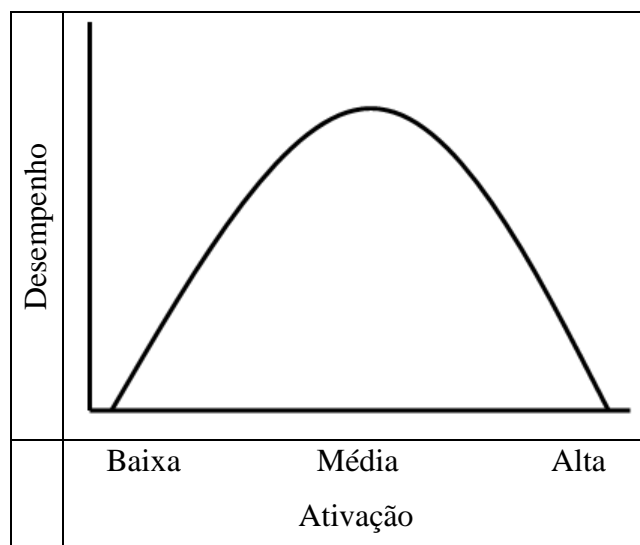


Figura 58: Modelo Yerkes Dodson

5.3. Tempo de simulação

Relativamente ao tempo de simulação, esta medida descartou o tempo em que o participante interagiu com o ambiente de treino e o tempo utilizado para responder aos questionários. Assim, a Figura 59 apresenta o tempo de simulação de acordo com a condição experimental, carga cognitiva neutra, baixa e alta.

Neste gráfico podemos observar que as medianas da condição neutra, em termos temporais, são mais elevadas do que nas cargas baixa e alta. Também podemos observar que na condição baixa existe uma dispersão de resultados muito grandes (4 *outliers*), que representam 50% da carga baixa, enquanto na condição alta há uma homogeneidade dos resultados, onde os tempos variam entre os 490 e 560 segundos. Foi feita uma análise não paramétrica de Kruskal-Wallis que revelou uma diferença estatisticamente significativa entre os níveis de carga ($p = 0.007$). Adicionalmente três testes foram realizados para verificar onde estas diferenças se encontravam. O primeiro teste que comparou a condição baixa com a alta não revelou diferenças estatisticamente significativas entre as duas condições ($p = 0.713$). Em seguida comparou-se a situação neutra com a baixa que também não revelou diferenças estatisticamente significativas ($p = 0.021$). Na comparação da carga neutra com a alta, o teste de Mann-Whitney U revelou uma diferença estatisticamente

significativa ($p = 0.001$). Estes resultados sugerem que quando nós temos uma carga cognitiva, pelo facto de existir alguma pressão faz com que as pessoas sejam mais rápidas.

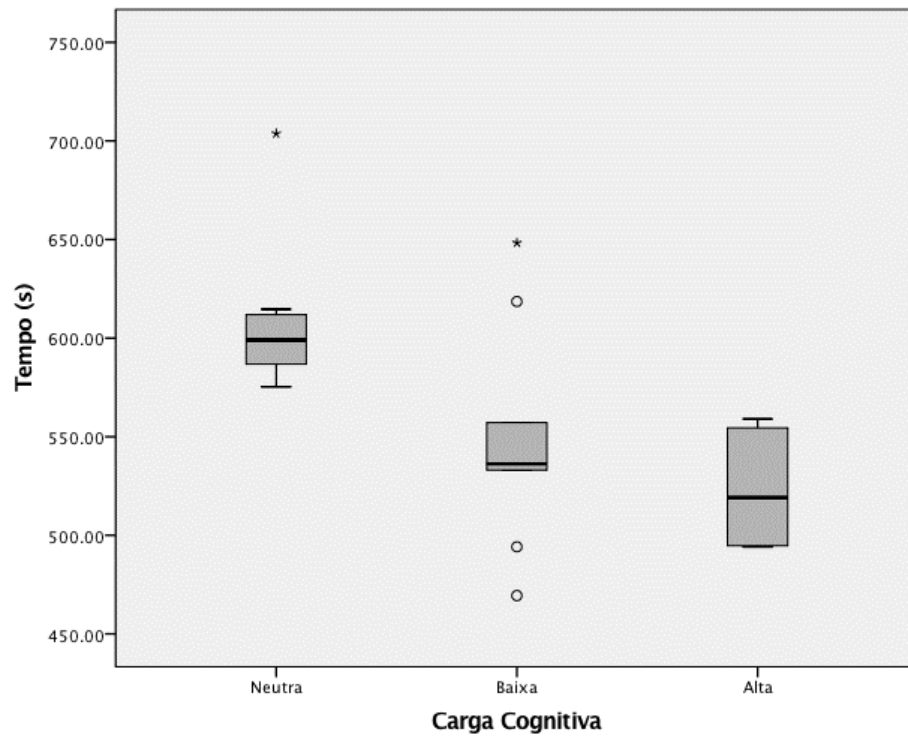


Figura 59: Boxplot do tempo de simulação nas diferentes condições experimentais

Capítulo 6

Estudo complementar

Este capítulo descreve um estudo paralelo que surgiu a partir dos resultados dos protótipos 8 e 9, relacionados aos efeitos secundários de uma simulação em RV.

Este estudo (Almeida, Rebelo, Noriega, e Vilar, 2018) teve como objetivo relatar algumas diferenças verificadas em fatores individuais relacionadas com a consciência de efeitos secundários da simulação em RV, nomeadamente o tempo disponível para ler e estar atento a todos os possíveis efeitos secundários de uma experiência em RV descritos em um formulário de consentimento. A principal hipótese é que os indivíduos que têm mais tempo para fazer o experimento e prestar mais atenção ao formulário de consentimento têm uma maior probabilidade de ter os sintomas de *Cybersickness* do que aqueles que têm menos tempo para fazer a experiência e apenas assinam o formulário de consentimento sem lerem em profundidade.

Método

Participantes. Cinquenta e cinco voluntários participaram deste estudo. Foram 28 homens e 27 mulheres com idade entre 17 e 58 anos ($M = 29.7$; $SD = 10.6$). Sete participantes abandonaram a experiência, três homens e quatro mulheres. Portanto, a amostra válida foi de 48 participantes com idades entre 17 e 53 anos ($M = 28.7$; $SD = 9.7$).

Materiais. As tarefas do estudo complementar também foram realizadas em uma Desktop Station com um processador Intel^R CoreTMi7 - 4790K, 8 GB, placa de vídeo NVIDIA GeForce GTX 980. A interação do ambiente virtual foi realizada usando um *gamepad* Giotech modelo VX2, OCULUS RIFT DK^{II} (display OLED, resolução 960 x 1080, 100° campo de visão) e fones sem fio PHILIPS, modelo SHC5102 / 10.

Medidas. Para avaliar os sintomas de *Cybersickness* do participante, foi utilizado o Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) (Kennedy et al., 1993). Este instrumento foi adaptado da tradução para a língua portuguesa brasileira feita por Carvalho e colegas (2011) para medir algum tipo de desconforto durante a simulação. Os participantes indicavam o nível de gravidade de 16 sintomas em uma escala de 4 pontos, onde 0 significava "Nenhum" e 3 "Grave".

Procedimento. Antes de iniciar a sessão experimental e depois de explicar o propósito da experiência, os participantes eram convidados a ler e assinar o formulário de consentimento e preencher o questionário demográfico. O formulário de consentimento fornecia a explicação do procedimento, bem como a possibilidade de riscos e desconforto, como náuseas, durante a simulação, e declarava a possibilidade de abandonar a experiência a qualquer momento. Os participantes que tinham histórico de vertigem ou condições

como doença cardíaca, depressão ou gravidez eram dispensados da experiência. A sessão experimental foi dividida em 3 partes: (1) sessão de treinamento; (2) sessão de simulação em RV e (3) resposta a alguns questionários, entre eles o SSQ. O tempo total médio foi de 30 minutos.

Resultados e Discussão

Seis participantes abandonaram o teste antes de terminar. Destes, 5 estavam na condição de leitores do formulário de consentimento (leitores) e 1 na de não leitor do formulário de consentimento (não leitores).

Os resultados do SSQ para a pontuação total e as pontuações referentes aos grupos náusea, oculomotor e desorientação são apresentados na Tabela 13 e na Figura 60. Essas pontuações foram obtidas de acordo com o procedimento descrito por Kennedy e colegas (1993).

Tabela 13: Resultados do Simulator Sickness Questionnaire

	Pontuação Total		Náusea		Oculomotor		Desorientação	
Leitura do FC*	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Média	25.7	13.8	15.8	8.4	24.1	11.5	28.5	17.9
Mediana	15	7.5	0	0	15.2	7.6	13.9	13.9
Desvio Padrão	29.2	16.3	26.6	13	23.5	13.2	36	23.9
Valor-p	0.179		0.598		0.069		0.402	

* FC – Formulário de Consentimento

Observando-se a tabela 14, os dados revelam, no grupo que lê atentamente os formulários de consentimento (leitores), valores médios mais altos e maior variabilidade de resultados. A média da pontuação total para os leitores foi de 25.7 e para o outro grupo (não leitores) 13.8. Os valores médios em náusea, oculomotor e desorientação para o grupo de leitores foram 15.8, 24.1 e 28.5 respectivamente. O grupo de não leitores teve valores médios menores com 8.4, 11.5 e 17.9, respectivamente, para as pontuações de náuseas, oculomotores e desorientação. No entanto, apesar dos valores maiores para os escores médios no grupo de leitores, não foram obtidas diferenças estatisticamente significantes usando um teste não paramétrico para duas amostras independentes ($p < 0.05$ para todos os testes dependentes). Somente no teste de pontuação oculomotor, obteve-se um valor de p cerca de 0.05 ($p = 0.069$).

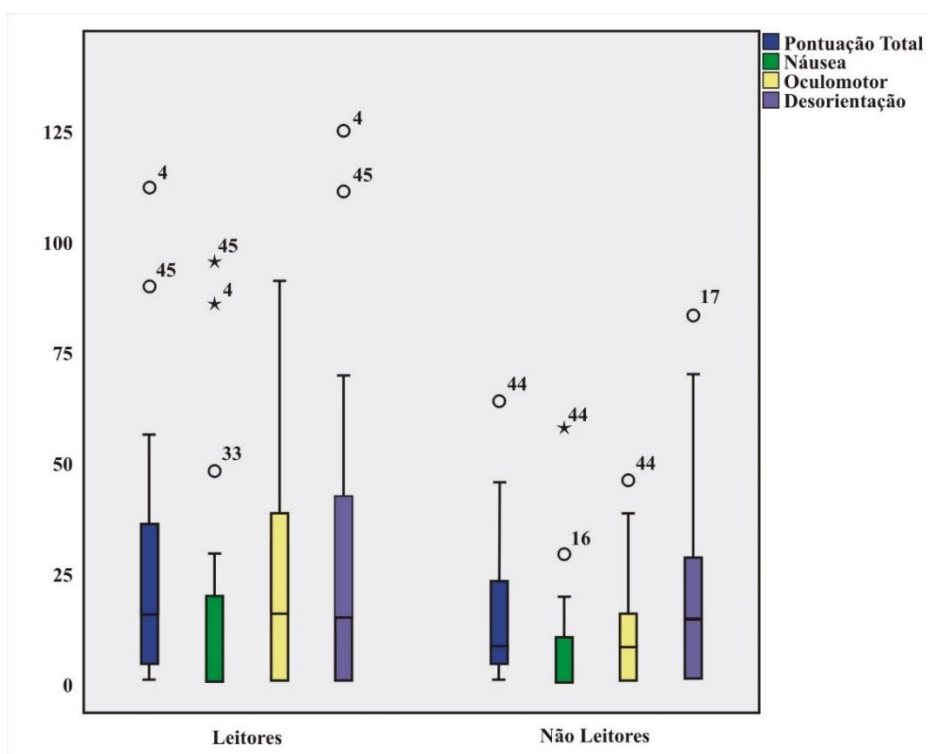


Figura 60: Boxplot do escore do Simulator Sickness Questionnaire

Os resultados para os 16 sintomas avaliados estão ilustrados na Tabela 14 e na Figura 61. São apresentadas as médias e desvios padrão obtidos de cada sintoma, bem como o valor p de um teste não paramétrico para amostras independentes. Nos 14 dos 16 sintomas as médias e desvios padrão são maiores para o grupo de leitores. A exceção é o sintoma da visão turva em que o desvio padrão é maior para não leitores e o sintoma arroto no qual a média é maior também para não leitores. Esta tendência é claramente ilustrada na figura 61, que mostra valores médios para leitores e não leitores. Não obstante, essa tendência para maiores valores dos sintomas no grupo de leitores, houve apenas uma diferença estatisticamente significativa nos sintomas de fadiga e suor.

Tabela 14: Sintomas SSQ, média e desvio padrão

	Leitores		Não leitores		p.value
	M	DP	M	DP	
Mal-estar generalizado	0.435	0.843	0.080	0.277	0.080
Fadiga	0.739	0.864	0.080	0.277	0.001**
Dor de cabeça	0.217	0.518	0.120	0.332	0.567
Vista cansada	0.870	0.757	0.560	0.651	0.147
Dificuldade de manter o foco	0.435	0.662	0.280	0.458	0.499
Aumento de salivação	0.217	0.518	0.120	0.332	0.567
Suor	0.304	0.559	0.040	0.200	0.031*
Náusea	0.304	0.703	0.240	0.523	0.952
Dificuldade de concentração	0.130	0.344	0.120	0.332	0.914
Cabeça pesada	0.435	0.662	0.240	0.436	0.336
Visão turva	0.348	0.487	0.280	0.678	0.304
Tontura (olhos abertos)	0.217	0.518	0.160	0.374	0.848
Tontura (olhos fechados)	0.174	0.388	0.040	0.200	0.133
Vertigem	0.130	0.458	0.040	0.200	0.491
Desconforto abdominal	0.174	0.388	0.080	0.277	0.331
Arroto	0.087	0.288	0.200	0.500	0.429

**sig<0.005 *sig<0.05

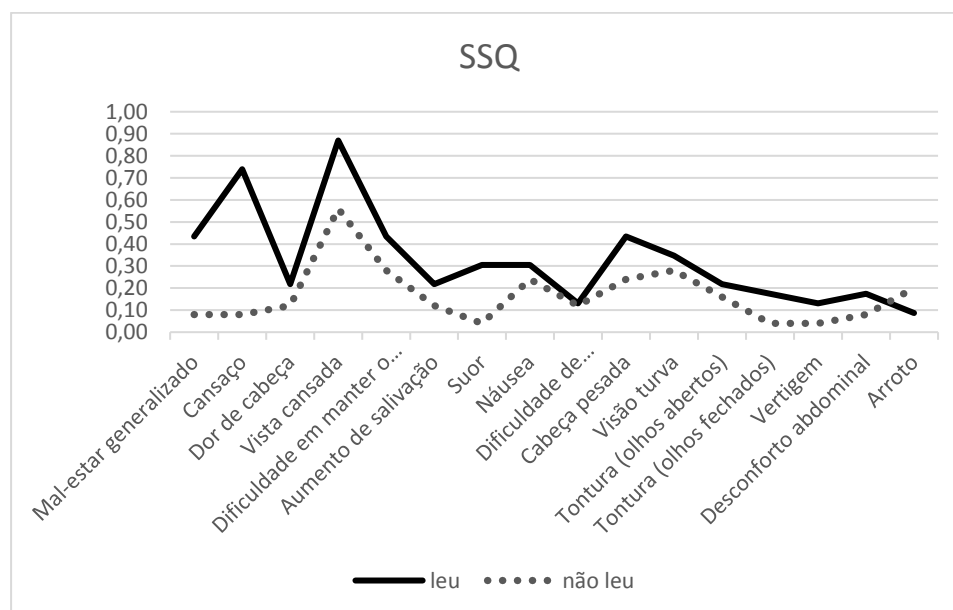


Figura 61: Pontuações do SSQ para leitores e não leitores do formulário de consentimento

Conclusão

Embora não tenhamos diferenças estatisticamente significativas, há uma tendência clara de que o conhecimento dos efeitos colaterais da RV provoca um maior nível de sintomas, sugerindo, de alguma forma, um efeito autoinduzido de *Cybersickness*. Diferenças

significativas apareceram apenas nas variáveis fadiga e suor, que, para Bouchard, Robillard, Renaud, e Bernier (2011), estão associadas à ansiedade. Estes autores encontraram os mesmos sintomas em populações clínicas que usavam RV e tinham a ansiedade induzida para enfrentar estímulos temidos. Na verdade, pode-se supor que o conhecimento de possíveis efeitos colaterais da RV pode gerar ansiedade e desencadear esses sintomas. No entanto, esta sugestão obtida a partir desses resultados terá que ser confirmada com uma amostra maior e com uma abordagem metodológica desenvolvida para esse objetivo.

Uma das regras fundamentais da ética na ciência é o conhecimento da experiência pelos participantes; no entanto, como esses resultados parecem apontar, o conhecimento de possíveis efeitos adversos parece aumentar os sintomas de *Cybersickness*. Por um lado, isso também não é ético, porque dessa forma estamos aumentando os sintomas por fornecer as informações da experiência aos participantes. Para resolver este conflito ético entre fornecer as informações e gerar sintomas, é necessário estudar melhor as características individuais e tentar prever, antes da experiência, quais os sujeitos mais suscetíveis a *Cybersickness* para evitar sua inclusão nessas amostras.

Esta observação, relatada aqui, começou quando os dados das experiências em RV foram coletados de um serviço público estadual (Município de Lisboa). A coincidência foi que esses participantes ($n = 5$) tiveram mais tempo disponível para a experiência e leram o formulário de consentimento detalhadamente e, em consequência, tiveram mais *Cybersickness*. Este foi o motivo de uma análise mais detalhada, mas ainda incompleta, da diferença na autoindução de *Cybersickness* pelo conhecimento dos efeitos colaterais da imersão na RV.

Além das questões éticas relacionadas ao formulário de consentimento, onde os participantes muitas vezes não tinham paciência para ler a informação, encontramos outras questões éticas em nossas experiências. Sabe-se que o participante deve estar informado sobre os objetivos do estudo antes de iniciar o experimento. No entanto, este procedimento é incompatível com os objetivos de nossos testes, onde queremos avaliar a consonância comportamental com avisos de segurança. O conhecimento desse objetivo compromete a eficácia desse tipo de estudo. Dessa forma, para motivar o participante, informamos que o objetivo é a avaliação de um jogo em RV, que tem uma história e um objetivo a cumprir para obter uma recompensa.

Capítulo 7

Conclusões e Recomendações

Este capítulo destaca as conclusões gerais e estabelece direções para futuros trabalhos.

7.1. Conclusões

O objetivo principal desta pesquisa foi avaliar a eficácia de avisos de segurança em diferentes níveis de carga cognitiva. Este estudo é difícil de ser desenvolvido em uma situação real, por questões éticas, de segurança e devido aos custos envolvidos (Duarte et al., 2009; Wogalter e Laughery, 2006). Por esse motivo, o estudo teve também como objetivo desenvolver um simulador em realidade virtual para superar os constrangimentos que este tipo de investigação apresenta.

De acordo com Duarte (2011) é possível usar a RV para recolher dados sobre o comportamento de consonância com avisos, quase como no mundo real. Da mesma forma, Vilar (2012), afirma que o uso de uma metodologia baseada em RV permite examinar o comportamento dos participantes com bastante precisão, com maior controle de variáveis, de forma segura e mais fácil do que seria possível no mundo real.

Recentemente têm-se destacado o uso de ambientes virtuais como uma ferramenta viável para estudos de consonância comportamental com avisos (Almeida et al., 2015; Duarte et al., 2010; Vilar, Rebelo, Noriega, Teles, e Mayhorn, 2015). Porém, o desenvolvimento de um simulador em RV envolve, além da modelação de um ambiente tridimensional (3D), a elaboração de uma narrativa que seja coerente com o ambiente e as tarefas que ele tem que executar, de modo ao participante sentir-se que está presente no mundo virtual (presença). No nosso caso, a inclusão de tarefas faz parte do protocolo de estudo e tem como objetivo controlar o participante no ambiente virtual e inserir uma dupla tarefa.

O ambiente 3D modelado, foi desenvolvido após testes com vários protótipos, sendo o ambiente final um armazém de medicamentos que era composto de uma receção, onde o participante recebia as primeiras informações sobre as tarefas a serem executadas e oito salas para armazenamento. Em algumas destas salas haviam situações de perigo que eram sinalizadas com avisos de segurança.

Baseado no pensamento de Witmer e Singer (1998), de que a eficácia de um ambiente virtual está diretamente ligada ao sentido de presença, considera-se que os principais resultados relacionados a este objetivo indicam que o ambiente virtual foi apropriado para este estudo na medida em que os participantes avaliaram positivamente a sua interação com o ambiente virtual desenvolvido.

Um dos grandes desafios deste estudo foi, além do desenvolvimento do ambiente 3D, a criação da narrativa, que eram tarefas para alterar a carga cognitiva em vários níveis. No entanto, a manipulação da carga cognitiva pode não ter necessariamente um efeito imediato sobre a deterioração do desempenho. Isto porque a tarefa que se utiliza para aumentar a carga cognitiva pode não ser suficiente para reduzir significativamente os recursos cognitivos necessários ao desempenho (Duffy et al., 1993; Ho et al., 2007). Por outro lado, se demasiada, a alta carga exige que o indivíduo aloque recursos adicionais que podem reduzir a eficiência e o desempenho (Galy, Cariou, e Mélan, 2012).

Com efeito, no presente estudo, os indivíduos em condição de alta carga cognitiva muitas vezes alocavam a atenção em uma das tarefas causando a deteriorização da outra, o que acarretou a invalidação destes dados específicos. Assim, em relação ao objetivo principal, a conclusão é que, quando se olha para os dados válidos (condição de dupla tarefa), os resultados alcançados demonstram os efeitos da carga cognitiva, decorrente de dupla tarefa, na consonância comportamental com avisos de segurança. Estes resultados são compatíveis com os estudos de Wogalter e Usher (1999) em que na condição de alta carga cognitiva havia uma diminuição da consonância com as instruções de segurança e deterioração numa segunda tarefa, de adição aritmética.

Pode-se acrescentar que a utilização de avisos dinâmicos não minimizou os efeitos da carga cognitiva elevada. Os resultados sugerem que a apresentação de informações de segurança é sensível ao contexto. Ou seja, em um ambiente de trabalho, onde a exigência dos recursos cognitivos é alta, há uma necessidade de avisos de segurança que consigam provocar o comportamento consonante. De fato, um aviso dinâmico (visual), constituído pela mensagem rodeada por luzes intermitentes, não foi suficiente para superar esta situação crítica.

Relativamente ao tempo de simulação, percebeu-se que quando há um aumento na carga cognitiva faz com que os indivíduos sejam mais rápidos, independente de terem níveis de consonância mais elevados ou mais baixos.

Conclui-se assim, que este trabalho vem chamar a atenção de designers, engenheiros de segurança, ergonomistas em geral, todos os profissionais da área de segurança e saúde no trabalho, que a carga cognitiva decorrente das tarefas de trabalho afeta o comportamento do trabalhador em relação à consonância comportamental com avisos de segurança. O design de avisos de segurança deve considerar o contexto de trabalho, em particular as

situações de dupla tarefa, que podem aumentar a carga cognitiva. Este estudo mostrou que neste caso, a eficácia dos avisos estáticos ou dinâmicos usados não desencadeiam comportamentos de segurança consonantes.

Neste trabalho, demonstramos também que a realidade virtual, enquadrada na metodologia proposta neste estudo, mostrou ser eficaz para avaliar a consonância comportamental com avisos de segurança, apresentando resultados idênticos a estudos efetuados em condições laboratoriais. A RV permitirá também a avaliação de uma nova geração de avisos de segurança mais robustos, que superem os constrangimentos de alguns contextos, nomeadamente as situações de dupla tarefa em que a exigência cognitiva seja alta.

7.2. Recomendações para futuros estudos

Considerando os resultados obtidos neste estudo, é possível fazer algumas recomendações para futuros trabalhos.

Uma das limitações deste estudo foi a impossibilidade de incluir o gênero como um fator de análise da consonância comportamental, uma vez que nem sempre os participantes estavam em dupla tarefa, o que acarretou em uma análise feita por observação de cada situação de forma independente. No entanto, algumas pesquisas sugerem que há uma ligeira tendência de mulheres cumprirem os avisos mais do que os homens (Glover e Wogalter, 1997; Godfrey, Allender, Laughery, e Smith, 1983; LaRue e Cohen, 1987; Laughery e Brelsford, 1991). Estudos futuros deveriam considerar o gênero no sentido de esclarecer a consonância comportamental com avisos de segurança de homens e mulheres quando em dupla tarefa.

Da mesma forma, não foi possível avaliar os efeitos da idade na consonância com os avisos de segurança. De acordo com Gabe-Thomas (2011), o efeito da idade no processamento de avisos de segurança pode ser explicado pelo envelhecimento cognitivo, demonstrado pela diminuição da memória, visão e audição, na idade adulta. Relativamente à dupla tarefa, os adultos idosos percebem as situações de atenção dividida como mais difíceis do que os jovens (Tun e Wingfield, 1995).

Uma amostra mais alargada do atual estudo poderia evidenciar além das diferenças individuais acima citadas, variáveis demográficas como, por exemplo, habilitações e cultura. Foi demonstrado que participantes com educação superior têm uma compreensão

significativamente melhor de sinais de trânsito do que aqueles que não têm educação superior (Ng e Chan, 2008). Noutro estudo verificou-se que a interpretação correta de pictogramas farmacêuticos era influenciada pelo nível de educação (Dowse e Ehlers, 2003). Da mesma forma a diferença cultural tem um efeito significativo na interpretação de sinais de trânsito (Shinar, Dewar, Summala, e Zakowska, 2003).

Um outro aspecto a ser observado diz respeito à autoindução de *Cybersickness*. Nosso estudo sugeriu que alguns participantes que foram informados, antes da simulação, sobre os possíveis efeitos secundários de uma imersão em RV, apresentaram sintomas de *Cybersickness*. Embora não ter havido diferenças estatisticamente significativas, deveria ser desenvolvida uma abordagem metodológica específica para estudar este fenômeno, com uma amostra maior.

Os resultados da presente pesquisa revelaram que alguns participantes, em algumas situações, não se encontravam em dupla tarefa. Diferentemente de estudos em condução, esta não era uma situação dinâmica onde um mau desempenho na primeira tarefa poderia acarretar graves problemas, acidentes. Muitas vezes os participantes paravam de executar a primeira tarefa para desempenhar a tarefa simultânea. Assim é importante o aperfeiçoamento da metodologia, talvez com o uso de uma passadeira elétrica de corrida em que o participante mantivesse o ritmo da caminhada.

Por fim, neste estudo, os avisos dinâmicos não foram suficientemente fortes para provocar a consonância comportamental em situação de carga cognitiva elevada. Futuros estudos devem considerar o desenvolvimento de uma proposta para avaliar uma nova geração de avisos de segurança como, por exemplo, avisos multimodais personalizados, avisos em realidade aumentada.

Esperamos que as limitações encontradas no atual estudo venham motivar o desenvolvimento de novos métodos e abordagens para a pesquisa de consonância comportamental com avisos de segurança.

Referências

- ACT. (2017). Portal da Autoridade para as Condições do Trabalho. Retrieved from [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/default.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/default.aspx)
- Adams, A. S. (2006). Warning Design. In W. Karwowski (Ed.), *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (second, pp. 1517–1520). Kentucky, USA: Taylor & Francis.
- Almeida, A., Rebelo, F., & Noriega, P. (2016). Development of a virtual environment for safety warnings behavior compliance evaluation. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 485, pp. 35–42). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41983-1_4
- Almeida, A., Rebelo, F., Noriega, P., & Vilar, E. (2018). Virtual reality self induced cybersickness: An exploratory study. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 588, pp. 26–33). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60582-1_3
- Almeida, A., Rebelo, F., Noriega, P., Vilar, E., & Borges, T. (2015). Virtual Environment Evaluation for a Safety Warning Effectiveness Study. *Procedia Manufacturing*, 3, 5971–5978. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.692>
- American National Standards Institute. (2011). American National Standard for Environmental and Facility Safety Signs. *ANSI Z535.2: 2011*. Rosslyn, VA: National Electrical Manufacturers Association.
- Ames, S. L., Wolffsohn, J. S., & McBrien, N. A. (2005). The development of a symptom questionnaire for assessing virtual reality viewing using a head-mounted display. *Optometry and Vision Science*, 82(3), 168–176.
- Ayres, T. J. (2006). Evaluation of Warning Effectiveness. In W. Karwowski (Ed.), *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (second, pp. 1094–1097). Kentucky, USA: Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1201/9780849375477.ch227>
- Balk, S. a, Bertola, M. A., & Inman, V. W. (2013). Simulator sickness questionnaire: Twenty years later. In *the Seventh International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design* (pp. 257–263). <https://doi.org/http://trid.trb.org/view.aspx?id=1261648>
- Ballard, J. C. (1996). Computerized assessment of sustained attention: A review of factors affecting vigilance performance. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 18(6), 843–863. <https://doi.org/10.1080/01688639608408307>
- Boff, K. R., & Lincoln, J. E. (1988). Engineering Data Compendium. Human Perception and Performance. Volume 3, 141.
- Bouchard, S., Robillard, G., Renaud, P., & Bernier, F. (2011). *Exploring New Dimensions in the Assessment of Virtual Reality Induced Side Effects*. *Journal of Computer and Information Technology* (Vol. 1).
- Braun, C. C., Greeno, B., & Silver, N. C. (1994). Differences in Behavioral Compliance as a Function of Warning Color. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 38, pp. 379–383). <https://doi.org/10.1177/154193129403800506>
- Braun, C. C., Mine, P. B., & Clayton Silver, N. (1995). The influence of color on warning label perceptions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15(3), 179–187. [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(94\)00036-3](https://doi.org/10.1016/0169-8141(94)00036-3)
- Burdea, G., & Coiffet, P. (2003). Virtual Reality Technology. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 12(6), 663–664. <https://doi.org/10.1162/105474603322955950>
- Calori, Chris, Vanden-Eynden, D. (2007). *Signage and Wayfinding Design : A Complete Guide to Creating Environmental Graphic Design Systems*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Cañas, J. (2011). *Ergonomía en los Sistema de Trabajo*. UGT-CEC, Granada

- Carvalho, M., Costa, R., & Nardi, A. (2011). Simulator Sickness Questionnaire: tradução e adaptação transcultural; Simulator Sickness Questionnaire: translation and cross-cultural adaptation. *J. Bras. Psiquiatr*, 0–5.
- Chan, A. H. S., & Ng, A. W. Y. (2012). The guessing of mine safety signs meaning: effects of user factors and cognitive sign features. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics : JOSE*, 18(2), 195–208.
- Chapanis, A. (1994). Hazards associated with three signal words and four colours on warning signs. *Ergonomics*, 37(2), 265–275.
<https://doi.org/10.1080/00140139408963644>
- Chun, J., Han, S. H., Park, G., Seo, J., Lee, I., & Choi, S. (2012). Evaluation of vibrotactile feedback for forward collision warning on the steering wheel and seatbelt. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42(5), 443–448.
<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2012.07.004>
- Cinaz, B., Arnrich, B., La Marca, R., & Tröster, G. (2011). Monitoring of mental workload levels during an everyday life office-work scenario. *Personal and Ubiquitous Computing*, 17(2), 229–239. <https://doi.org/10.1007/s00779-011-0466-1>
- Corrêa, F. de P. (2003). *Carga mental e ergonomia. Mestrado*. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Davies, S., Haines, H., Norris, B., & Wilson, J. R. (1998). Safety pictograms: Are they getting the message across? *Applied Ergonomics*, 29(1), 15–23.
[https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(97\)00021-5](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(97)00021-5)
- Davis, S., Nesbitt, K., & Nalivaiko, E. (2015). Comparing the onset of cybersickness using the Oculus Rift and two virtual roller coasters. *11th Australasian Conference on Interactive Entertainment (IE 2015)*, (January), 27–30.
<https://doi.org/10.17973/MMSJ.2015>
- DiDomenico, A., & Nussbaum, M. a. (2011). Effects of different physical workload parameters on mental workload and performance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(3), 255–260. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2011.01.008>
- Dowse, R., & Ehlers, M. S. (2003). The influence of education on the interpretation of pharmaceutical pictograms for communicating medicine instructions. *International Journal of Pharmacy Practice*, 11(1), 11–18. <https://doi.org/10.1211/002235702810>
- Duarte, E. M. C. (2011). *Using Virtual Reality to Assess Behavioral Compliance with Warnings*. Universidade Técnica de Lisboa.
- Duarte, E., Rebelo, F., & Teixeira, L. (2009). Warnings research methods: where are we now and where are we headed? In *Proceeding of the 5th UNIDCOM/IADE International Conference - “40 IADE 40, from 1969 to 2049”. October 1 to 3, 2009, Lisbon, Portugal* (pp. 414–422).
- Duarte, E., Rebelo, F., Teixeira, L., Vilar, E., Teles, J., & Noriega, P. (2013). Sense of presence in a VR-based study on behavioral compliance with warnings. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 8014 LNCS, pp. 362–371). https://doi.org/10.1007/978-3-642-39238-2_40
- Duarte, E., Rebelo, F., Teles, J., & Wogalter, M. S. (2012). A Personalized Speech Warning Facilitates Compliance in an Immersive Virtual Environment. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 56, pp. 2045–2049). <https://doi.org/10.1177/1071181312561427>
- Duarte, E., Rebelo, F., Teles, J., & Wogalter, M. S. (2014). Behavioral compliance for dynamic versus static signs in an immersive virtual environment. *Applied Ergonomics*, 45(5), 1367–75. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.10.004>
- Duarte, E., Rebelo, F., & Wogalter, M. S. (2010). Virtual Reality and its potential for

- evaluating warning compliance. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 20(6), 526–537. <https://doi.org/10.1002/hfm.20242>
- Duffy, R. R., Kalsher, M. J., & Wogalter, M. S. (1993). The Effectiveness of an Interactive Warning in a Realistic Product-Use Situation. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 37, pp. 935–939). SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/154193129303701401>
- Duffy, R. R., Kalsher, M. J., & Wogalter, M. S. (1995). Increased effectiveness of an interactive warning in a realistic incidental product-use situation. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15(3), 159–166. [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(94\)00032-X](https://doi.org/10.1016/0169-8141(94)00032-X)
- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2010). *Cognitive Psychology: A Student's Handbook* (6^a). Taylor & Francis Group.
- Finomore, V. S., Warm, J. S., Matthews, G., Riley, M. A., Dember, W. N., Shaw, T. H., ... Scerbo, M. W. (2006). Measuring the Workload of Sustained Attention. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 50(16), 1614–1618. <https://doi.org/10.1177/154193120605001621>
- Gabe-Thomas, E. (2011). *Individual Differences in Warning Perception: The Role of Risk-Taking Propensity*. University of Plymouth. Retrieved from <https://pearl.plymouth.ac.uk/handle/10026.1/1004>
- Galy, E., Cariou, M., & Mélan, C. (2012). What is the relationship between mental workload factors and cognitive load types? *International Journal of Psychophysiology : Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 83(3), 269–75. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.09.023>
- Glover, B. L., & Wogalter, M. S. (1997). Using a Computer Simulated World to Study Behavioral Compliance with Warnings: Effects of Salience and Gender. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 41(2), 1283–1287. <https://doi.org/10.1177/1071181397041002124>
- Godfrey, S. S., Allender, L., Laughery, K. R., & Smith, V. L. (1983). Warning Messages: Will the Consumer Bother to Look? *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 27(11), 950–954. <https://doi.org/10.1177/154193128302701118>
- Gorini, A., Capideville, C. S., De Leo, G., Mantovani, F., & Riva, G. (2011). The role of immersion and narrative in mediated presence: the virtual hospital experience. *Cyberpsychology, Behavior and Social Networking*, 14(3), 99–105. <https://doi.org/10.1089/cyber.2010.0100>
- Gutiérrez, M. A. A., Vexo, F., & Thalmann, D. (2008). *Stepping into Virtual Reality*. London: Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-117-6>
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Advances in Psychology*, 52(C), 139–183. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- Helleberg, J. R., & Wickens, C. D. (2003). Effects of Data-Link Modality and Display Redundancy on Pilot Performance: An Attentional Perspective. *The International Journal of Aviation Psychology*, 13(3), 189–210. https://doi.org/10.1207/S15327108IJAP1303_01
- Hellier, E., Aldrich, K., Wright, D. B., Daunt, D., & Edworthy, J. (2007). A multi dimensional analysis of warning signal words. *Journal of Risk Research*, 10(3), 323–338. <https://doi.org/10.1080/13669870601066963>
- Ho, C., Reed, N., & Spence, C. (2007). Multisensory In-Car Warning Signals for Collision Avoidance. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 49(6), 1107–1114. <https://doi.org/10.1518/001872007X249965>

- Howarth, P. A., & Costello, P. J. (1997). The occurrence of virtual simulation sickness symptoms when an HMD was used as a personal viewing system. *Displays*, 18(2), 107–116. [https://doi.org/10.1016/S0141-9382\(97\)00011-5](https://doi.org/10.1016/S0141-9382(97)00011-5)
- International Organization for Standardization. (2011). Graphical symbols - Safety colours and safety signs Part 1: Design principles for safety signs in workplaces and public areas. *ISO 3864-1:2011(E)*.
- International Organization for Standardization. (2010). *ISO 9241-210: Ergonomics of human–system interaction - Human-centred design for interactive systems*. International Organization for Standardization (Vol. 2010). International Standard Organization. <https://doi.org/10.1039/c0dt90114h>
- Jaynes, L. S., & Boles, D. B. (1990). The effect of symbols on warning compliance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 34(14), 984–987. <https://doi.org/10.1177/154193129003401405>
- Jiamsanguanwong, A., & Umemuro, H. (2014). Influence of affective states on comprehension and hazard perception of warning pictorials. *Applied Ergonomics*, 45(5), 1362–6. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.08.006>
- Kelly, V. E., Janke, A. A., & Shumway-Cook, A. (2010). Effects of instructed focus and task difficulty on concurrent walking and cognitive task performance in healthy young adults. *Experimental Brain Research*, 207(1–2), 65–73. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2429-6>
- Kennedy, Robert S; Lane, Norman E; Kevin, S Berbaum; Lilienthal, M. G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire : An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203–220. <https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0303>
- Kennedy, R.; Frank, L. (1983). *Review of motion sickness with special reference to simulator sickness*. 65th Annual Meeting of the Transportation Research Board. <https://doi.org/0309040531>
- Kim, S., & Wogalter, M. S. (2015). Effects of emphasis terminology in warning instructions on compliance intent and understandability. *Journal of Safety Research*, 55, 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2015.07.008>
- Kolasinski, E. M. (1995). *Simulator Sickness in Virtual Environments*. Retrieved from <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA295861>
- Lancaster, J. a., & Casali, J. G. (2008). Investigating Pilot Performance Using Mixed-Modality Simulated Data Link. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50(2), 183–193. <https://doi.org/10.1518/001872008X250737>
- Langner, N., & Kray, C. (2014). Assessing the Impact of Dynamic Public Signage on Mass Evacuation. *Proceedings of The International Symposium on Pervasive Displays - PerDis '14*, 136–141. <https://doi.org/10.1145/2611009.2611033>
- LaRue, C., & Cohen, H. H. (1987). Factors Affecting Consumers' Perceptions of Product Warnings: An Examination of the Differences between Male and Female Consumers. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 31, pp. 610–614). SAGE PublicationsSage CA: Los Angeles, CA. <https://doi.org/10.1177/154193128703100529>
- Laughery, K. R., & Brelsford, J. W. (1991). Receiver Characteristics in Safety Communications. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 35(15), 1068–1072. <https://doi.org/10.1177/154193129103501510>
- Laughery, K. R., & Wogalter, M. S. (2006). Designing Effective Warnings. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, 2(1), 241–271. <https://doi.org/10.1177/1557234X0600200109>

- Laughery, K. R., & Wogalter, M. S. (2014). A three-stage model summarizes product warning and environmental sign research. *Safety Science*, 61, 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.02.012>
- LaViola, J. J. (2000). A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin*, 32(1), 47–56. <https://doi.org/10.1145/333329.333344>
- Lee, J.-H., & Spence, C. (2008). Assessing the benefits of multimodal feedback on dual-task performance under demanding conditions. In *Proceedings of the 22nd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Culture, Creativity, Interaction* (pp. 185–192). British Computer Society.
- Liu, Chau Chyun; Doong, Ji Liang; Hsu, Chun Chia; Huang, Wei Shin; Jeng, M. C. (2009). Evidence for the selective attention mechanism and dual-task interference. *Applied Ergonomics*, 40(3), 341–347. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.11.014>
- Liu, Y. C. (2001). Comparative study of the effects of auditory, visual and multimodality displays on drivers' performance in advanced traveller information systems. *Ergonomics*, 44(4), 425–42. <https://doi.org/10.1080/00140130010011369>
- Mackworth, N. H. (1948). The breakdown of vigilance during prolonged visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1(1), 6–21. <https://doi.org/10.1080/17470214808416738>
- McCauley, M. E., & Sharkey, T. J. (1992). Cybersickness: Perception of Self-Motion in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(3), 311–318. <https://doi.org/10.1162/pres.1992.1.3.311>
- McDougald, B. R., & Wogalter, M. S. (2014). Facilitating pictorial comprehension with color highlighting. *Applied Ergonomics*, 45(5), 1285–90. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.05.008>
- McLaughlin, A. C., & Mayhorn, C. B. (2014). Designing effective risk communications for older adults. *Safety Science*, 61, 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.05.002>
- McLeod, P. (1977). A dual task response modality effect: Support for multiprocessor models of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 29(4), 651–667. <https://doi.org/10.1080/14640747708400639>
- Mohebbi, R., Gray, R., Tan, H. Z., & Lafayette, W. (2009). Driver Reaction Time to Tactile and Auditory Rear-End Collision Warnings While Talking on a Cell Phone. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 51(1), 102–110. <https://doi.org/10.1177/0018720809333517>
- Ng, A. W. Y., & Chan, A. H. S. (2008). The effects of driver factors and sign design features on the comprehensibility of traffic signs. *Journal of Safety Research*, 39(3), 321–328. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2008.02.031>
- Nichols, S., Haldane, C., & Wilson, J. R. (2000). Measurement of presence and its consequences in virtual environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52(3), 471–491. <https://doi.org/10.1006/ijhc.1999.0343>
- O'Donnell, Colonel Robert D.; Eggemeier, F. T. (1986). Workload Assessment Methodology. In J. P. Boff, Kenneth R.; Kaufman, Lloyd; Thomas (Ed.), *Handbook of perception and human performance: Cognitive processes and performance* (Vol. 2). New York: John Wiley & Sons, Ltd.
- Pausch, R., Crea, T., & Conway, M. (1992). A Literature Survey for Virtual Environments: Military Flight Simulator Visual Systems and Simulator Sickness. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(3), 344–363. <https://doi.org/10.1162/pres.1992.1.3.344>
- Peli, E. (1998). The visual effects of head-mounted display (HMD) are not distinguishable from those of desk-top computer display. *Vision Research*, 38(13), 2053–2066. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(97\)00397-0](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(97)00397-0)

- Perry, N. C., Stevens, C. J., Wiggins, M. W., & Howell, C. E. (2007). Cough Once for Danger: Icons Versus Abstract Warnings as Informative Alerts in Civil Aviation. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 49(6), 1061–1071. <https://doi.org/10.1518/001872007X249929>
- Portal Empresarial da Maia. (n.d.). Riscos e perigos comuns em armazéns — Portal Empresarial da Maia. Retrieved January 7, 2016, from http://negocios.maiadigital.pt/hst/sector_actividade/armazenagem/riscos_armazenagem/riscos_armazenagens
- Pravossoudovitch, K., Cury, F., Young, S. G., & Elliot, A. J. (2014). Is red the colour of danger? Testing an implicit red-danger association. *Ergonomics*, 57(4), 503–10. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.889220>
- Reason, J. T., & Brand, J. J. (1975). *Motion sickness*. Oxford, England: Academic Press.
- Rebelo, F.; Duarte, E.; Noriega, P.; Soares, M. . (2011). Virtual Reality in consumer product design: methods and applications. In N. Karwowski, W., Soares, M., Stanton (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design: Methods and Techniques* (pp. 381–402). CRC Press.
- Recarte, M. a., & Nunes, L. M. (2003). Mental workload while driving: Effects on visual search, discrimination, and decision making. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9(2), 119–137. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.9.2.119>
- Recarte, M. A., & Nunes, L. M. (2000). Effects of verbal and spatial imagery tasks on eye fixations while driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 6(1), 31–43. <https://doi.org/10.1037//0278-7393.6.1.31>
- Reis, L., Duarte, E., & Rebelo, F. (2015). Research on Workplace Safety Sign Compliance: Validation of a Virtual Environment Prototype. *Procedia Manufacturing*, 3, 6599–6606. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.722>
- Riccio, G. E., & Stoffregen, T. A. (1991). An ecological Theory of Motion Sickness and Postural Instability. *Ecological Psychology*, 3(3), 195–240. https://doi.org/10.1207/s15326969eco0303_2
- Ronchi, E., Nilsson, D., Kojic, S., Eriksson, J., Lovreglio, R., Modig, H., & Walter, A. L. (2015). A Virtual Reality Experiment on Flashing Lights at Emergency Exit Portals for Road Tunnel Evacuation. *Fire Technology*, 52(3), 623–647. <https://doi.org/10.1007/s10694-015-0462-5>
- Sharples, S., Cobb, S., Moody, A., & Wilson, J. R. (2008). Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. *Displays*, 29(2), 58–69. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2007.09.005>
- Sheridan, T. B. (1992). Musings on Telepresence and Virtual Presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(1), 120–126. <https://doi.org/10.1162/pres.1992.1.1.120>
- Shinar, D., Dewar, R. E., Summala, H., & Zakowska, L. (2003). Traffic sign symbol comprehension: A cross-cultural study. *Ergonomics*, 46(15), 1549–1565. <https://doi.org/10.1080/0014013032000121615>
- Simons, D. J., & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattention blindness for dynamic events. *Perception*, 28(9), 1059–1074. <https://doi.org/10.1068/p281059>
- Siswandari, Y., Kim, W., & Xiong, S. (2014). Comprehension of Newly Introduced Water-Sport Prohibitive Signs in Korea by Westerners. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 58(1), 2300–2304. <https://doi.org/10.1177/1541931214581479>
- Slater, M., Linakis, V., Usuh, M., & Kooper, R. (1996). Immersion, Presence, and

- Performance in Virtual Environments: An Experiment with Tri-Dimensional Chess. In *ACM virtual reality software and technology (VRST)* (pp. 163–172). New York, NY: ACM Press.
- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (1994). Depth of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 3(2), 130–144. <https://doi.org/10.1162/pres.1994.3.2.130>
- Spelke, E., Hirst, W., & Neisser, U. (1976). Skills of divided attention. *Cognition*, 4(3), 215–230. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(76\)90018-4](https://doi.org/10.1016/0010-0277(76)90018-4)
- Stanney, K. M., Kennedy, R. S., & Drexler, J. M. (1997). Cybersickness is not simulator sickness. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 41st Annual Meeting*, 1138–1142. <https://doi.org/10.1177/107118139704100292>
- Steuer, J. (1992). Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73–93. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x>
- Stevens, C. J., Brennan, D., Petocz, A., & Howell, C. (2009). Designing informative warning signals: Effects of indicator type, modality, and task demand on recognition speed and accuracy. *Advances in Cognitive Psychology / University of Finance and Management in Warsaw*, 5, 84–90. <https://doi.org/10.2478/v10053-008-0064-6>
- Stramler, J. (1993). *The Dictionary for Human Factors/Ergonomics*. (CRC Press, Ed.). Boca Raton, FL.
- Strayer, D. L., & Drews, F. A. (2007). Attention. In F. T. Durso (Ed.), *Handbook of Applied Cognition* (Second, pp. 29–54). John Wiley & Sons, Ltd.
- Strayer, D. L., & Johnston, W. A. (2001). Driven to Distraction: Dual-Task Studies of Simulated Driving and Conversing on a Cellular Telephone. *Psychological Science*, 12(6), 462–466. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00386>
- Sullivan, L. (1976). Selective attention and secondary message analysis: A reconsideration of Broadbent's filter model of selective attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 28(2), 167–178. <https://doi.org/10.1080/14640747608400549>
- Tang, C. H., Wu, W. T., & Lin, C. Y. (2009). Using virtual reality to determine how emergency signs facilitate way-finding. *Applied Ergonomics*, 40(4), 722–730. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.06.009>
- Treisman, M. (1977). Motion Sickness: An Evolutionary Hypothesis. *Science*, 197(4302), 493–495. <https://doi.org/10.1126/science.301659>
- Tun, P. A., & Wingfield, A. (1995). Does Dividing Attention Become Harder With Age? Findings from the Divided Attention Questionnaire. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 2(1), 39–66. <https://doi.org/10.1080/13825589508256588>
- Usoh, M., Catena, E., Arman, S., & Slater, M. (2000). Using Presence Questionnaires in Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9(5), 497–503. <https://doi.org/10.1162/105474600566989>
- VanderBos, G. R. (2010). *Dicionário de psicologia da APA. Tradução: BUENO, D.* Porto Alegre: Artmed.
- Vilar, E. B. P. (2012). *Using virtual reality to study the influence of environmental variables to enhance wayfinding within complex buildings. unpublished.* Universidade Técnica de Lisboa.
- Vilar, E., Rebelo, F., & Noriega, P. (2014). Indoor Human Wayfinding Performance Using Vertical and Horizontal Signage in Virtual Reality. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 24(6), 601–615. <https://doi.org/10.1002/hfm.20503>
- Vilar, E., Rebelo, F., Noriega, P., Teles, J., & Mayhorn, C. (2015). Signage Versus Environmental Affordances: Is the Explicit Information Strong Enough to Guide

- Human Behavior During a Wayfinding Task? *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 25(4), 439–452.
<https://doi.org/10.1002/hfm.20557>
- Warm, J. S., Parasuraman, R., & Matthews, G. (2008). Vigilance Requires Hard Mental Work and Is Stressful. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50(3), 433–441. <https://doi.org/10.1518/001872008X312152>
- Waterson, P., & Monk, A. (2014). The development of guidelines for the design and evaluation of warning signs for young children. *Applied Ergonomics*, 45(5), 1353–61. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.03.015>
- Weaver, J. L., Gerber, T. N., Hancock, P. A., & Ganey, H. C. (2003). Individual differences in behavioral compliance to warnings representing varying degrees of threat. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics : JOSE*, 9(2), 149–160.
- Wickens, C. D., & McCarley, J. S. (2008). *Applied attention theory*. CRC Press.
- Wisner, A. (1994). *A inteligência no trabalho: textos selecionados de ergonomia*. São Paulo: Fundacentro.
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240. <https://doi.org/10.1162/105474698565686>
- Wogalter, M. S.; Racicot, B. M.; Kalsher, M. J.; Noel Simpson, S. (1994). Personalization of warning signs: The role of perceived relevance on behavioral compliance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 14, 233–242.
- Wogalter, M. S. (2006a). Communication-human information processing (C-HIP) model. In *Handbook of warnings* (pp. 51–61).
- Wogalter, M. S. (2006b). Technology will Revolutionize Warnings. In *Proceedings of the Solutions in Safety through Tecnology Symposium*.
- Wogalter, M. S., Allison, S. T., & McKenna, N. A. (1989). Effects of Cost and Social Influence on Warning Compliance. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 31(2), 133–140. <https://doi.org/10.1177/001872088903100202>
- Wogalter, M. S., Barlow, T., & Murphy, S. A. (1995). Compliance to owner's manual warnings: influence of familiarity and the placement of a supplemental directive. *Ergonomics*, 38(6), 1081–1091. <https://doi.org/10.1080/00140139508925175>
- Wogalter, M. S., Begley, P. B., Scancorelli, L. F., & Brelsford, J. W. (1997). Effectiveness of elevator service signs: Measurement of perceived understandability, willingness to comply and behaviour. *Applied Ergonomics*, 28(3), 181–187. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(96\)00063-4](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(96)00063-4)
- Wogalter, M. S., & Conzola, V. C. (2002). Using technology to facilitate the design and delivery of warnings. *International Journal of Systems Science*, 33(6), 461–466. <https://doi.org/10.1080/00207720210133651>
- Wogalter, M. S., & Dingus, T. A. (1999). Methodological Techniques for Evaluating Behavioral Intentions and Compliance. In M. S. Wogalter, D. DeJoy, K. R. Laughery (Eds.), *Warnings and Risk Communication* (pp. 48–75). Taylor & Francis Group.
- Wogalter, M. S., Jarrard, S. W., & Simpson, S. N. (1992). Effects of Warning Signal Words on Consumer-Product Hazard Perceptions. In *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings, SAFETY* (p. 935–939(5)).
- Wogalter, M. S., Kalsher, M. J., & Racicot, B. M. (1993). Behavioral compliance with warnings: effects of voice, context, and location. *Safety Science*, 16(5), 637–654. [https://doi.org/10.1016/0925-7535\(93\)90028-C](https://doi.org/10.1016/0925-7535(93)90028-C)
- Wogalter, M. S., & Laughery, K. R. (2006). Warnings. In W. Karwowski (Ed.),

- International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (second, pp. 1367–1373). Taylor & Francis.
- Wogalter, M. S., Laughery, K. R., & Mayhorn, C. (2012). Warnings and Hazard Communications. *Handbook of Human Factors and Ergonomics: Fourth Edition*, 868–894.
- Wogalter, M. S., McKenna, N. A., & Allison, S. T. (1988). Warning Compliance: Behavioral Effects of Cost and Consensus. *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings*, 32(15), 901–904.
<https://doi.org/10.1518/107118188786761785>
- Wogalter, M. S., & Usher, M. O. (1999). Effects of Concurrent Cognitive Task Loading on Warning Compliance Behavior. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 43, pp. 525–529).
<https://doi.org/10.1177/154193129904300612>
- Wogalter, M. S., & Vigilante, J. W. J. (2006). Attention switch and maintenance. In *Handbook of Warnings* (pp. 245–266). Lawrence Erlbaum and Associates.
- Wogalter, M. S., Young, S. L., Brelsford, J. W., & Barlow, T. (1999). The Relative Contributions of Injury Severity and Likelihood Information on Hazard-Risk Judgments and Warning Compliance. *Journal of Safety Research*, 30(3), 151–162.
[https://doi.org/10.1016/S0022-4375\(99\)00010-9](https://doi.org/10.1016/S0022-4375(99)00010-9)
- Young, S. D., Adelstein, B. D., & Ellis, S. R. (2007). Demand characteristics in assessing motion sickness in a virtual environment: Or does taking a motion sickness questionnaire make you sick? In *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* (Vol. 13, pp. 422–428). <https://doi.org/10.1109/TVCG.2007.1041>
- Young, S. L. (1991). Increasing the noticeability of warnings: Effects of pictorial, color, signal icon and border. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 580–584. <https://doi.org/10.1518/107118191786754662>
- Young, S. L., Wogalter, M. S., Laughery, K. R., Magurno, A., & Lovvoll, D. (1995). Relative Order and Space Allocation of Message Components in Hazard Warning Signs. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 39(15), 969–973. <https://doi.org/10.1177/154193129503901501>

Anexos e Apêndices

Anexo I - Simulator Sickness Questionnaire

Avaliação do estado geral após a simulação

Instruções de preenchimento: marque um “x” sobre o número, inscrito na quadricula da escala, correspondente à sua avaliação.

	Ausente	Leve	Moderado	Grave
1. Mal-estar generalizado	0	1	2	3
2. Cansaço	0	1	2	3
3. Dor de Cabeça	0	1	2	3
4. Vista Cansada	0	1	2	3
5. Dificuldade em manter o foco	0	1	2	3
6. Aumento de salivação	0	1	2	3
7. Suor	0	1	2	3
8. Náusea	0	1	2	3
9. Dificuldade de concentração	0	1	2	3
10. Cabeça pesada	0	1	2	3
11. Visão turva	0	1	2	3
12. Tontura com olhos abertos	0	1	2	3
13. Tontura com olhos fechados	0	1	2	3
14. Vertigem	0	1	2	3
15. Desconforto abdominal	0	1	2	3
16. Arroto	0	1	2	3

Obrigada pela sua participação!

Apêndice I – Termo de Consentimento



Participante n.º: _____
Data: _____ Hora: _____
Condição: _____

Termo de consentimento livre e informado

Título da pesquisa: Validação de um ambiente em Realidade Virtual para recolha de dados relativos ao comportamento humano.

Investigadores: Ana Almeida, Francisco Rebelo e Paulo Noriega

Foi convidado(a) a participar, como voluntário(a), numa pesquisa, no âmbito de um trabalho de doutoramento, a decorrer na Faculdade de Motricidade Humana, da Universidade de Lisboa (FMH/UL), na especialidade de Ergonomia. A sua participação representa um importante contributo, não só para o estudo em curso, mas também para o desenvolvimento do conhecimento na área da Ergonomia. Ao participar, terá a oportunidade de experimentar equipamentos e tecnologias associadas à Realidade Virtual (RV), que não são de uso comum.

É importante que leia a informação seguinte, antes de concordar em participar nesta pesquisa. Este texto descreve, de forma sucinta, a pesquisa, seus objetivos gerais e o que se espera da sua participação, incluindo a identificação dos procedimentos experimentais, riscos previstos, seus direitos e confidencialidade dos dados. Caso aceite fazer parte deste estudo, deverá assinar as duas vias deste documento, sendo que, uma delas ficará na sua posse e outra com o pesquisador responsável.

Explicação do procedimento

Este estudo tem por objetivo avaliar um ambiente virtual, para registo de dados relativos ao comportamento humano.

A simulação em RV implica o uso de óculos de RV e auscultadores. A sessão de simulação terá uma duração de aproximadamente 5 minutos.

Riscos e desconforto

Como é normal em qualquer jogo de computador, nesta simulação terá que realizar algumas tarefas dentro do mundo virtual, para as quais receberá informação detalhada no início da simulação. Poderá ser confrontado(a) com situações simuladas que representam perigo para a sua personagem virtual. Naturalmente, pode acontecer que algumas pessoas mais sensíveis possam sentir algum tipo de ansiedade ou, em função de características individuais, sentir enjoo do simulador.

Abandono da experiência sem qualquer penalização

A participação nesta pesquisa é voluntária, pelo que, pode decidir interromper a sessão e abandonar o estudo a qualquer momento, sem qualquer penalização.

Participante nº: _____
Data: _____ Hora: _____
Condição: _____

Confidencialidade dos dados

Todos os dados recolhidos serão confidenciais, incluindo as suas respostas ao questionário demográfico. Para isso, os participantes serão identificados apenas com um número, que serve para o investigador ter registo da sequência pela qual a experiência decorreu.

Contactos

Para esclarecimentos adicionais ou questões relacionadas com esta pesquisa poderão contactar os investigadores pelo telefone – 214149139 (Laboratório de Ergonomia) ou por e-mail – almalmeida01@gmail.com

Consentimento

Ao assinar este documento está a declarar que tomou conhecimento das metodologias experimentais envolvidas neste estudo e que nada têm a opor, pelo que está disponível para participar. Declara, também, a manter o sigilo sobre o conteúdo deste trabalho, e não divulgar o seu objeto de estudo aos colegas, para não comprometer a sua participação no estudo (porque eles poderão vir a ser convidados a participar).

Questões de ética e segurança dos participantes

	SIM	NÃO
Sofre de doença cardíaca (ex. arritmias)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sofre de vertigens	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sofre, ou sofreu recentemente, de depressão?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
No caso de ser mulher, está grávida?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Assinatura do Participante

Data

Nome do Participante

Assinatura do pesquisador

Data

Apêndice II – Teste de compreensão da narrativa 1

(Pré-teste I) PROTOCOLO TESTE DE COMPREENSÃO DA NARRATIVA

IDADE:

PARTICIPANTE Nº:

DATA:

GÉNERO SEXUAL: ☐ Masculino ☐ Feminino

ESCOLARIDADE:

- ☐ 1º Ciclo (Primária)
- ☐ 2º Ciclo
- ☐ 3º Ciclo
- ☐ Ensino secundário (12º ano)
- ☐ Bacharelato
- ☐ Licenciatura
- ☐ Mestrado
- ☐ Doutoramento
- ☐ Outra

Vou ler uma narrativa e gostava que prestasse atenção.

Imagine que um amigo lhe arranjou um emprego num armazém. Mas para ficar com essa vaga é preciso fazer um teste para ver se está apto para trabalhar. Quando chega ao local para fazer o teste o seu chefe aparece num ecrã e vai dizer as seguintes informações:

Olá, o meu nome é Nuno Leal.

Infelizmente não posso estar aí para o receber pessoalmente, em vez disso vou estar no centro de operações da fábrica a realizar umas tarefas em simultâneo. Por isso estamos a utilizar este sistema interno de vídeo para comunicar consigo. Como este é o seu primeiro dia de trabalho aqui, e ainda está à experiência, vou-lhe dar as instruções para um conjunto de tarefas que têm de ser efetuadas. Peço-lhe que ao executar as tarefas tenha o cuidado de cumprir as regras de segurança já que no mês passado um colega sofreu um acidente de trabalho que não queremos que se repita. Se o seu trabalho for bem feito, pode ter a sorte de ser contratado.

Agora siga para a entrada à direita e receberá as instruções para realizar as suas tarefas por um intercomunicador que tem no ouvido.

Bom trabalho!

Depois disto você seguirá em frente e vai começar a fazer as tarefas.

Tudo isso faz parte de uma narrativa para uma experiência que vai ser feita em Realidade Virtual. Vai ter um armazém virtual e a pessoa vai navegar por ele usando óculos Rift e auriculares. Esta narrativa é feita para ajudar a aumentar o nível de presença da pessoa no ambiente virtual e tornar a simulação numa experiência real. Percebe?

Agora pode-me dizer os pontos mais importantes que se lembra do discurso do chefe?

Apêndice III – Teste de compreensão da narrativa 2

(Pré-teste II) PROTOCOLO TESTE DE COMPREENSÃO DA NARRATIVA

IDADE:

PARTICIPANTE Nº:

DATA:

GÉNERO SEXUAL: ☐ Masculino ☐ Feminino

ESCOLARIDADE:

- ☐ 1º Ciclo (Primária)
- ☐ 2º Ciclo
- ☐ 3º Ciclo
- ☐ Ensino secundário (12º ano)
- ☐ Bacharelato
- ☐ Licenciatura
- ☐ Mestrado
- ☐ Doutoramento
- ☐ Outra

Vou ler uma narrativa e gostava que prestasse atenção.

Imagine que um amigo lhe arranhou um emprego num armazém. Mas para ficar com essa vaga é preciso fazer um teste para ver se está apto para trabalhar. Quando chega ao local para fazer o teste o seu chefe aparece num ecrã e vai dizer as seguintes informações:

Olá, o meu nome é Nuno Leal.

Infelizmente não posso estar aí para o receber pessoalmente, em vez disso vou estar no centro de operações da fábrica a realizar umas tarefas em simultâneo. Por isso estamos a utilizar este sistema interno de vídeo para comunicar consigo. Como este é o seu primeiro dia de trabalho aqui, e ainda está à experiência, vou-lhe dar as instruções para um conjunto de tarefas que têm de ser efetuadas. Peço-lhe que ao executar as tarefas tenha o cuidado de cumprir as regras de segurança já que no mês passado um colega morreu num acidente de trabalho que não queremos que se repita. Se o seu trabalho for bem feito, pode vir a ser contratado.

Agora siga para a entrada à direita e receberá as instruções para realizar as suas tarefas por um intercomunicador que tem no ouvido.

Bom trabalho!

Depois disto você seguirá em frente e vai começar a fazer as tarefas.

Tudo isso faz parte de uma narrativa para uma experiência que vai ser feita em Realidade Virtual. Vai ter um armazém virtual e a pessoa vai navegar por ele usando óculos Rift e auriculares. Esta narrativa é feita para ajudar a aumentar o nível de presença da pessoa no ambiente virtual e tornar a simulação numa experiência real. Percebe?

Agora pode-me dizer os pontos mais importantes que se lembra do discurso do chefe?

Apêndice IV – Questionário de presença

Qualidade da experiência sensorial

Instruções de preenchimento: marque um “x” sobre o número, inscrito na quadrícula da escala, correspondente à sua avaliação, considerando uma escala crescente onde 1 é a avaliação mais baixa e 7 é a mais alta.

1. Como classifica o envolvimento de **todos os seus sentidos** na simulação?

Muito baixo			Médio			Muito alto
1	2	3	4	5	6	7

2. Até que ponto os aspetos **visuais** do ambiente virtual cativaram a sua atenção?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

3. Até que ponto conseguiu **ler as informações** presentes no mundo virtual?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

4. Até que ponto conseguiu **explorar visualmente** o mundo virtual?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

5. Até que ponto os estímulos **auditivos** o fizeram sentir-se “dentro” do ambiente virtual?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

6. Até que ponto os aspetos **sonoros** do ambiente virtual cativaram a sua atenção?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

7. Até que ponto a **voz da personagem** virtual pareceu natural?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

Qualidade da interação no mundo virtual

8. Com que qualidade conseguiu **navegar ou deslocar-se** no ambiente virtual (por exemplo, com que facilidade conseguia ir para um determinado ponto do ambiente)?

Difícilmente			Razoavelmente			Facilmente
1	2	3	4	5	6	7

9. Qual o grau de **naturalidade de navegação**, no mundo virtual, oferecido pelo dispositivo (joystick/gamepad) usado (até que ponto achou o seu movimento natural e fluído)?

Nada natural			Razoável			Muito natural
1	2	3	4	5	6	7

10. Com que **velocidade conseguiu adaptar-se** à experiência de realidade virtual?

Muito lento			Médio			Muito rápido
1	2	3	4	5	6	7

11. No final da simulação como classifica a sua **habilidade em navegar/interagir** no mundo virtual?

Muito má			Razoável			Muito boa
1	2	3	4	5	6	7

Fatores de distração

12. Até que ponto teve consciência da presença dos **óculos** durante a simulação?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

13. Até que ponto teve consciência da presença do **dispositivo de controlo** (joystick/gamepad) durante a simulação?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

14. Até que ponto o dispositivo de controlo causou **distração**?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

15. Até que ponto conseguiu **concentrar-se nas tarefas** que lhe foram pedidas, em vez de se concentrar nos dispositivos de interação (óculos e joystick/gamepad)?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

16. Até que ponto a **qualidade da imagem do mundo virtual** interferiu no desempenho das tarefas pedidas?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

17. Até que ponto teve **consciência do que se estava a passar em seu redor**, no mundo real, durante a simulação?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

18. Até que ponto o fato da tarefa ter-lhe sido dada através de uma **personagem virtual** atrapalhou o seu desempenho?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

Grau de realismo

19. Qual o **grau de realismo** que atribui à simulação que acabou de experienciar?

Muito baixo			Razoável			Muito alto
1	2	3	4	5	6	7

20. Até que ponto considera a sua experiência (comportamento) no mundo virtual **coerente** com a sua experiência (comportamento) no mundo real?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

Noção do tempo

21. Esteve envolvido na simulação ao ponto de perder a **noção do tempo**?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

Indique o seu nível de concordância com cada uma das seguintes afirmações, escolhendo um valor na escala de 7 opções disponíveis:

Instruções de preenchimento: marque um “x” sobre o número, inscrito na quadricula da escala, correspondente à sua avaliação.

22. Senti que estar no ambiente virtual é comparável a estar num ambiente real.

Discordo totalmente						Concordo totalmente
1	2	3	4	5	6	7

23. O meu corpo estava no ambiente real, mas a minha mente estava no ambiente virtual.

Discordo totalmente						Concordo totalmente
1	2	3	4	5	6	7

24. Durante a simulação eu senti que estava presente dentro do mundo virtual.

Discordo totalmente						Concordo totalmente
1	2	3	4	5	6	7

25. Consigo recordar-me do ambiente virtual como se estivesse estado lá e não como se fosse uma fotografia que eu tivesse observado.

Discordo totalmente						Concordo totalmente
1	2	3	4	5	6	7

26. Ao interagir com a personagem virtual senti-me interagindo com uma pessoa real.

Discordo totalmente						Concordo totalmente
1	2	3	4	5	6	7

Obrigada pela sua participação!

Apêndice V - Questionário de usabilidade

Avaliação global da simulação

27. Como classifica o seu grau de **envolvimento na simulação**?

Muito baixo			Médio			Muito alto
1	2	3	4	5	6	7

28. Como classifica o seu grau de **divertimento durante a simulação**?

Muito baixo			Médio			Muito alto
1	2	3	4	5	6	7

29. Como classifica a coerência do **contexto** (pequena história no início) face à simulação?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

30. Até que ponto os **estímulos visuais e auditivos** do ambiente virtual fizeram-lhe sentido e eram coerentes com o tipo de ambiente representado (armazém de medicamentos)?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

31. Como classifica a **qualidade visual** e nitidez da simulação?

Muito baixo			Razoável			Muito alto
1	2	3	4	5	6	7

32. Como classifica a **duração** da simulação?

Muito longo			Razoável			Muito curto
1	2	3	4	5	6	7

Obrigada pela sua participação!

Apêndice VI - Questionário de Percepção de Perigo e Avaliação dos Avisos de Segurança

Instruções de preenchimento: marque um “x” sobre o número, inscrito na quadricula da escala, correspondente à sua avaliação.

Percepção de perigo - Armazém 2 – Queda de objetos

1. Até que ponto teve **consciência** da presença de algum perigo no armazém 2?

Consciência nenhuma		Pouca consciência		Alguma consciência		Muita consciência		Total consciência
0	1	2	3	4	5	6	7	8

2. Como classifica o **nível de perigosidade** desta situação?

Nada perigoso		Pouco perigoso		Perigoso		Muito perigoso		Extremamente perigoso
0	1	2	3	4	5	6	7	8

3. Como classifica a **probabilidade de sofrer alguma lesão** nesta situação?

Nada provável		Pouco provável		Provável		Muito provável		Extremamente provável
0	1	2	3	4	5	6	7	8

4. Como classifica a **severidade das lesões** que poderia sofrer nesta situação?

Nada grave		Pouco grave		Grave		Muito grave		Extremamente grave
0	1	2	3	4	5	6	7	8

5. Até que ponto foi **cauteloso** ao atravessar este espaço?

Nada cauteloso		Pouco cauteloso		Cauteloso		Muito cauteloso		Extremamente cauteloso
0	1	2	3	4	5	6	7	8

6. Até que ponto esta situação é-lhe **familiar**?

Nada familiar		Pouco familiar		Familiar		Muito familiar		Extremamente familiar
0	1	2	3	4	5	6	7	8

7. Até que ponto teve **controle** (evitou comportamento de risco) sobre esta situação?

Nenhum controle		Pouco controle		Algum controle		Muito controle		Total controle
0	1	2	3	4	5	6	7	8

Avaliação dos avisos de segurança - Armazém 2 – Queda de objetos

8. Até que ponto teve **consciência** do aviso de segurança nesta situação?

Consciência nenhuma		Pouca consciência		Alguma consciência		Muita consciência		Total consciência
0	1	2	3	4	5	6	7	8

9. Até que ponto o aviso de segurança captou-lhe a **atenção** nesta situação?

Nunca		Pouca		Alguma		Muita		Total
0	1	2	3	4	5	6	7	8

10. Até que ponto **leu** as informações do aviso de segurança nesta situação?

Nunca		Muito poucas vezes		Às vezes		Muitas vezes		Sempre
0	1	2	3	4	5	6	7	8

11. Como classifica o aviso de segurança, quanto à sua **visibilidade**?

Nada visível		Pouco visível		Visível		Muito visível		Extremamente visível
0	1	2	3	4	5	6	7	8

Percepção de perigo - Armazém 4 – Piso molhado

1. Até que ponto teve **consciência** da presença de algum perigo no armazém 4?

Consciência nenhuma		Pouca consciência		Alguma consciência		Muita consciência		Total consciência
0	1	2	3	4	5	6	7	8

2. Como classifica o **nível de perigosidade** desta situação?

Nada perigoso		Pouco perigoso		Perigoso		Muito perigoso		Extremamente perigoso
0	1	2	3	4	5	6	7	8

3. Como classifica a **probabilidade de sofrer alguma lesão** nesta situação?

Nada provável		Pouco provável		Provável		Muito provável		Extremamente provável
0	1	2	3	4	5	6	7	8

4. Como classifica a **severidade das lesões** que poderia sofrer nesta situação?

Nada grave		Pouco grave		Grave		Muito grave		Extremamente grave
0	1	2	3	4	5	6	7	8

5. Até que ponto foi **cauteloso** ao atravessar este espaço?

Nada cauteloso		Pouco cauteloso		Cauteloso		Muito cauteloso		Extremamente cauteloso
0	1	2	3	4	5	6	7	8

6. Até que ponto esta situação é-lhe **familiar**?

Nada familiar		Pouco familiar		Familiar		Muito familiar		Extremamente familiar
0	1	2	3	4	5	6	7	8

7. Até que ponto teve **controlo** (evitou comportamento de risco) sobre esta situação?

Nenhum controlo		Pouco controlo		Algum controlo		Muito controlo		Total controlo
0	1	2	3	4	5	6	7	8

Avaliação dos avisos de segurança - Armazém 4 – Piso molhado

8. Até que ponto teve **consciência** do aviso de segurança nesta situação?

Consciência nenhuma		Pouca consciência		Alguma consciência		Muita consciência		Total consciência
0	1	2	3	4	5	6	7	8

9. Até que ponto o aviso de segurança captou-lhe a **atenção** nesta situação?

Nunca		Pouca		Alguma		Muita		Total
0	1	2	3	4	5	6	7	8

10. Até que ponto **leu** as informações do aviso de segurança nesta situação?

Nunca		Muito poucas vezes		Às vezes		Muitas vezes		Sempre
0	1	2	3	4	5	6	7	8

11. Como classifica o aviso de segurança, quanto à sua **visibilidade**?

Nada visível		Pouco visível		Visível		Muito visível		Extremamente visível
0	1	2	3	4	5	6	7	8

Obrigada pela sua participação!

Apêndice VII - Narrativa

Imagine que você perdeu o emprego há seis meses e está com dificuldades em conseguir uma vaga na sua área. Sua grande preocupação é que sua família depende de si, pois seus pais também estão desempregados. Como sabe, é muito difícil encontrar um emprego no mercado de trabalho atual, na idade deles. Um amigo, sabendo da sua situação, conseguiu uma entrevista de trabalho para você num armazém de uma distribuidora de medicamentos. Como se trata de um tipo de trabalho que está ao seu alcance, porque apenas exige que seja eficaz em tarefas de reposição e contagem de *stock* de medicamentos, é uma boa oportunidade para si. Para além disto, se conseguir este emprego pode ganhar um bom salário.

Hoje você foi chamado a fazer um teste para ver se você está apto para trabalhar em armazéns. Toda esta ação vai decorrer num envolvimento virtual, onde terá a oportunidade de interagir como se estivesse numa situação real. Quando estiver lá, receberá informações acerca do que terá que fazer.

A sua capacidade em dar respostas às solicitações que lhe vão ser dadas, assim como o cumprimento da sinalização de segurança, vai ser fundamental para conseguir este trabalho.

Como é seu primeiro dia, é importante receber instruções sobre as normas de segurança da empresa.

REGRAS DE SEGURANÇA PARA VISITANTES

- Estar atento a sinalizações como: placas identificando perigo, fitas zebradas, sinais luminosos, cones, placas diversas;
- Não entrar em zonas não autorizadas;
- Não se aproximar ou tocar em equipamentos em funcionamento;
- Respeitar as saídas sinalizadas;
- Não obstruir as vias de acesso, de circulação e saídas de emergência;
- Manter as áreas visitadas limpas;
- Não fumar nas instalações.